

REABILITAÇÃO TÉRMICA DE FACHADAS. O EXEMPLO DOS BAIRROS SOCIAIS

LUIS PEDRO GOMES PAINHAS PEREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais

Investir em conhecimento rende sempre melhores juros

Benjamim Franklin

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é o culminar de um ciclo da minha vida, para o qual contribuíram algumas pessoas às quais expresso o meu sincero sentimento de gratidão.

Agradeço à Prof. Maria Helena Corvacho, como orientadora deste trabalho, pela sua disponibilidade e por todos os conhecimentos transmitidos. Sem o seu contributo o caminho para a conclusão do trabalho teria sido muito mais penoso.

À Eng. Marisa Quintela e à Eng. Cláudia Ferreira que me facilitaram o acesso aos dados necessários para a realização deste trabalho.

Aos meus pais e a minha irmã, agradeço o apoio dado durante este tempo e todos os esforços feitos por eles para que eu atingisse os meus objectivos.

Aos meus amigos, em particular à Diana, agradeço toda a motivação e apoio que me deram nas etapas mais difíceis deste percurso.

Agradeço à minha Tia Paula por ter feito a tradução do Resumo para Inglês.

RESUMO

No âmbito da conjuntura Mundial que se vive, a Reabilitação Térmica do parque habitacional português é incontornável. O preço da energia disparou e as notícias associadas às mudanças climáticas não são animadoras. É, por isso, indispensável reabilitar os edifícios existentes para que tenham uma eficiência energética mais elevada.

Nesta dissertação serão apresentadas várias técnicas de reabilitação térmica, indicando-se como deverão ser executadas e quais os inconvenientes e vantagens da sua utilização. Esta apresentação apenas servirá de comparação para que se possam entender as novidades introduzidas pela proposta de reabilitação térmica apresentada pela Agência Internacional da Energia, no âmbito do programa Annex 50. O programa Annex 50 pretende aliar a pré-fabricação à reabilitação térmica, tentando tirar partido das vantagens que o processo de pré-fabricação apresenta relativamente aos métodos tradicionais.

No entanto a utilização de pré-fabricação em Portugal ainda não se encontra muito desenvolvida e divulgada no panorama da construção civil, existindo ainda um série de “mitos” associados a esta técnica de construção, será por isso importante perceber quais as vantagens e desvantagens da aplicação deste processo na construção e em que contexto esta tem sido aplicada seja em Portugal ou no resto do Mundo, permitindo assim verificar se é uma técnica que deverá ser tida em conta na indústria da construção.

A aplicação dos módulos propostos pelo programa, poderá não se enquadrar com a realidade do parque habitacional português, por isso neste trabalho será analisado, um caso muito concreto do parque habitacional português, os Bairros Sociais, em que se tentará deslindar até que ponto será exequível a aplicação de módulos pré-fabricados nas fachadas dos vários bairros sociais, tendo em conta todas as particularidades existentes na arquitectura e na construção.

Para além de se tentar perceber qual a aplicação dos módulos, é importante explicar quais as características mais importantes a considerar na escolha dos materiais para o fabrico dos módulos. De uma forma genérica, é importante perceber quais as melhorias que a reabilitação proposta poderá trazer para o edifício em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: reabilitação térmica, pré-fabricação, Annex 50, Bairros Sociais, fachadas.

ABSTRACT

In the current social and economic world scenario, the thermal rehabilitation within the Portuguese housing is unavoidable.. The cost of energy is becoming higher and higher and news related to climate changes aren't very assuring. This makes it urgent to rehabilitate old buildings in order to allow them to have a higher energetic efficiency.

In this text several thermal rehabilitation techniques, together with their advantages and disadvantages, will be presented and discussed. This presentation will merely serve as a comparison in order to be able to understand the new ideas introduced by the energetic rehabilitation proposed by the International Agency of Energy in the Annex 50 Programme. This Programme wants to ally the prefabrication to thermal rehabilitation and tries to get the most of prefabrication, using all the advantages this process has when compared with traditional methods.

As prefabrication isn't very common in Portugal and, unfortunately, there are several myths related to this type of construction, it will be important to discuss its advantages and disadvantages and at the same time to study the way pre-fabrication has been used not only in Portugal but also all over the world. This analysis will allow us to check if prefabrication is, in fact, a construction technique to be taken in account in building industry.

The use of modules may not fit the Portuguese reality in what concerns its housing, so this text will study a common type of construction in Portugal, the social housing. The idea is to check if it is possible to use prefabricated modules in the facades of buildings having in mind all the specificities of architecture and construction in social housing.

It's important not only to understand the use of modules but also to study which are the most remarking features to have in mind when choosing the materials needed to manufacture the modules.

In short, it is important to understand what kind of improvements this type of rehabilitation will bring to the buildings in discussion.

KEYWORDS: thermal rehabilitation, prefabrication, Annex 50, The Social Housing, facades.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Âmbito de Estudo e Enquadramento Geral	1
1.2. Objectivos do Trabalho	2
1.3. Organização da Dissertação	2
2. REABILITAÇÃO	5
2.1. Generalidades	5
2.2. Princípios para reabilitação térmica de edifícios	6
2.3. Medidas de Reabilitação Térmica	8
2.3.1. Generalidades	8
2.3.2. Paredes exteriores	9
2.3.2.1. Soluções de isolamento térmico exterior	10
2.3.2.2. Soluções de isolamento térmico pelo interior	12
2.3.2.3. Soluções de isolamento térmico na caixa-de-ar de paredes	13
2.3.3. Pavimentos	13
2.3.4. Cobertura	14
2.3.4.1. Coberturas Inclínadas	14
2.3.4.2. Coberturas Horizontais (em terraço)	15
2.3.5. Vãos Envidraçados	16
2.3.6. Painéis Solares Térmicos	17
2.4. Conclusões	18
3. PRÉ-FABRICAÇÃO	19
3.1. Generalidades	19
3.2. Vantagens e Inconvenientes	20
3.3. Exemplos de utilização da pré-fabricação	21
3.4. Situação da Pré-fabricação em Portugal	28
3.5. O Annex 50	30

3.5.1. Âmbito e Objectivos.....	30
3.5.2. Tipo de soluções propostas.....	31

4. BASE DE DADOS (BAIRROS SOCIAIS) 39

4.1. Caracterização da Amostra 39

4.1.1. Bairros Sociais da Amostra	39
4.1.2. Empreendimento Habitacional da Belavista.....	41
4.1.3. Bairro de Campinas	43
4.1.4. Bairro do Carvalhido	46
4.1.5. Bairro de Fernão de Magalhães	48
4.1.6. Bairro de Outeiro	50
4.1.7. Bairro do Regado.....	53
4.1.8. Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros.....	56

5. ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DE MÓDULOS PRÉ-FABRICADOS EM FACHADAS 59

5.1. Método de análise da geometria dos módulos 59

5.1.1. Descrição Geral do Método.....	59
5.1.2. Empreendimento Habitacional da Belavista.....	60
5.1.2.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	60
5.1.2.2. Aspecto após colocação dos módulos	64
5.1.3. Bairro de Campinas	67
5.1.3.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	67
5.1.3.2. Aspecto final da colocação dos módulos	72
5.1.4. Bairro do Carvalhido	79
5.1.4.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	79
5.1.4.2. Aspecto final da colocação dos módulos	82
5.1.5. Bairro de Fernão de Magalhães	84
5.1.5.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	84
5.1.5.2. Aspecto final da colocação dos módulos	86
5.1.6. Bairro de Outeiro	89
5.1.6.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	89
5.1.6.2. Aspecto final da colocação dos módulos	95
5.1.7. Bairro do Regado.....	103
5.1.7.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	103
5.1.7.2. Aspecto final da colocação dos módulos	108

5.1.8. Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros.....	113
5.1.8.1. Descrição pormenorizada da arquitectura.....	113
5.1.8.2. Aspecto final da colocação dos módulos	116
5.1.9. Conclusões	120
5.2. Escolha de Materiais a aplicar nos Módulos pré-fabricados	120
5.2.1. Caracterização Geral.....	120
5.2.2. Densidade aparente	121
5.2.3. Condutibilidade Térmica.....	122
5.2.4. Permeabilidade ao vapor de água.....	122
5.2.5. Propriedades mecânicas	123
5.2.6. Classe de resistência ao fogo	124
5.2.7. Escolha dos materiais.....	125
5.3. Análise das Melhorias Introduzidas pela Reabilitação	125
5.3.1. Generalidades	125
5.3.2. Reforço do Isolamento Térmico	126
5.3.3. Vãos envidraçados	127
5.3.4. Ventilação natural.....	128

6. CONCLUSÕES..... 131

6.1. Principais Conclusões	131
----------------------------------	-----

6.2. Desenvolvimentos Futuros	132
-------------------------------------	-----

Bibliografia	133
--------------------	-----

ANEXOS - 1 -

A1 BAIRRO DA BELAVISTA	- 3 -
------------------------------	-------

A2 BAIRRO DE CAMPINAS	- 11 -
-----------------------------	--------

A3 BAIRRO DO CARVALHIDO.....	- 23 -
------------------------------	--------

A4 BAIRRO FERNÃO DE MAGALHÃES.....	- 29 -
------------------------------------	--------

A5 BAIRRO DE OUTEIRO	- 37 -
----------------------------	--------

A6 BAIRRO DO REGADO	- 55 -
---------------------------	--------

A7 TRAVESSA DE SALGUEIROS.....	- 67 -
--------------------------------	--------

A8 PROPRIEDADES MATERIAIS	- 75 -
---------------------------------	--------

A9 DIMENSIONAMENTO DE VENTILAÇÃO	- 81 -
--	--------

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa-de-ar.....	10
Fig. 2.2 – Sistema de isolamento térmico compósito exterior com revestimento espesso	10
Fig. 2.3 – Sistema de isolamento térmico compósito exterior com revestimento delgado	10
Fig. 2.4 – Sistema de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados	11
Fig. 2.5 – Contra-fachada em gesso cartonado	13
Fig. 2.6 – Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior	14
Fig. 2.7 – Cobertura inclinada com desvão não-habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal	15
Fig. 2.8 – Cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova	16
Fig. 2.9 – Pormenores de isolamento da caixa de estore	17
Fig. 3.1 – Exemplo da utilização do Método tilt-up.....	22
Fig. 3.2 – Albergue criado pela empresa G.A. Fuller	23
Fig. 3.3 – Lustron House	24
Fig. 3.4 – Habit 67	26
Fig. 3.5 – Zip-up House	26
Fig. 4.1 – Foto das fachadas do Empreendimento e Foto aérea da implantação dos blocos	42
Fig. 4.2 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos. As primeiras fotografias são do bloco 25 e na segunda fila são fotografias do bloco 27	45
Fig. 4.3 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos	47
Fig. 4.4 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos	49
Fig. 4.5 - Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos, a ordem dos blocos no sentido descendente é a seguinte, Bloco A, Bloco H e Bloco L	52
Fig. 4.6 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos, sendo as duas primeiras fotos pertencentes ao bloco 14 e a duas seguintes ao bloco 19	55
Fig. 4.7 - Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos	57

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. – Vantagens e inconvenientes do isolamento térmico exterior de fachadas	9
Quadro 3.1 – Módulos propostos pelo programa Annex 50.....	31
Quadro 4.1 – Identificação dos Bairros Sociais em estudo.....	40
Quadro 4.2 – Descrição do Empreendimento Habitacional da Belavista (Bloco 1)	41
Quadro 4.3 – Descrição do Bairro de Campinas (Bloco 25, 26, 27 e 31)	43
Quadro 4.4 – Descrição do Bairro do Carvalhido (Bloco A).....	46
Quadro 4.5 – Descrição do Bairro de Fernão de Magalhães (Bloco 3)	48
Quadro 4.6 – Descrição do Bairro de Outeiro (Bloco A, H e L).....	50
Quadro 4.7 – Descrição do Bairro do Regado (Bloco 19 e 14).....	53
Quadro 4.8 – Descrição do Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros	56
Quadro 5.1 – Descrição dos vãos existente no Empreendimento Habitacional da Belavista	61
Quadro 5.2. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro da Belavista	65
Quadro 5.3. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Campinas - Bloco 27.....	68
Quadro 5.4. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Campinas – Bloco 25.....	69
Quadro 5.5. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro de Campinas – Bloco 27.....	73
Quadro 5.6. - Esquema dos módulos utilizados no Bairro de Campinas – Bloco 25.....	75
Quadro 5.7. – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Carvalhido	79
Quadro 5.8. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro do Carvalhido	82
Quadro 5.9. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Fernão Magalhães	85
Quadro 5.10. – Descrição dos vãos existentes no Bairro Fernão de Magalhães	87
Quadro 5.11 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco A.....	89
Quadro 5.12 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco H.....	91
Quadro 5.13 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco L	92
Quadro 5.14 – Descrição dos módulos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco A.....	96
Quadro 5.15 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro de Outeiro – Bloco H.....	98
Quadro 5.16 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro de Outeiro – Bloco L	101
Quadro 5.17 – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Regado – Bloco 14	104
Quadro 5.17 – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Regado – Bloco 19	105
Quadro 5.18 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro do Regado – Bloco 14.....	109
Quadro 5.19 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro do Regado – Bloco 19.....	111
Quadro 5.20 – Descrição dos vãos existentes no Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros	114

Quadro 5.21 – Descrição dos vãos utilizados no Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros	117
---	-----

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

T.V.A. – Tennessee Valley Authority

A.I.R.O.H. – Aircraft Industries Research Organization on Housing

SIPS – Structural Insolated Panels

SIMEH – Sistema Integrado de Manutenção de Edifícios de Habitação

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

RCCTE – Regulamento das Características d Comportamento Térmico dos Edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e d Climatização dos Edifícios

AQS – Águas Quentes Sanitárias

EEE – Eficiência Energética dos Edifícios

δ – Factor de resistência à difusão do vapor de água ($\text{kg}/(\text{m.s.Pa})^{\times 10^{-12}}$)

λ – Condutibilidade térmica ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

π – Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água

ρ – Densidade aparente (kg/m^3)

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO DE ESTUDO E ENQUADRAMENTO GERAL

A reabilitação térmica é hoje uma das problemáticas mais discutidas a nível mundial, devido à grande necessidade de gestão de recursos de energia. O mundo encontra-se em alerta pois as previsões climatéricas não são nada abonatórias, existe por isso uma necessidade crescente de corrigir os erros que foram efectuados desde o início da Revolução Industrial no séc. XIX. Desde dessa data se assistiu a um franco desenvolvimento da humanidade a nível económico, construtivo, tecnológico porém esse desenvolvimento foi desmedido não havendo preocupações ambientais e utilizando de forma intensa energia produzida a partir de recursos de origem fóssil. A factura que se vai pagar, segundo várias previsões científicas, é o aumento da temperatura entre 1,4°C e 5,8°C que a verificar-se vai causar desertificação, destruição da biodiversidade, erosão da costa marítima, aumento dos níveis de altura de água e como se percebe essa situação será catastrófica.

O facto de não existir nenhum regulamento específico relativamente à eficiência energética fazia com que durante o processo de construção, não houvessem cuidados e preocupações com esse tema, o que no fim se traduzia num gasto energético muito elevado durante a utilização dos edifícios. Sendo o sector da construção dos grandes responsáveis pelo consumo de energia, tanto na fase de construção como depois na fase de utilização dos edifícios, a União Europeia necessitou de adoptar várias medidas para controlar esses gastos. Então no dia 16 de Dezembro foi lançada a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Esta medida veio trazer um conjunto de propostas que visam a promoção da melhoria da eficiência energética dos edifícios (EEE), através da promoção da utilização racional da energia, desde a preparação das águas quentes sanitárias (AQS), passando pela iluminação e pelos equipamentos energéticos. A melhoria da envolvente dos edifícios é também fundamental, devido ao grande impacto que esta tem sobre os consumos de energia necessários para assegurar o conforto térmico. É necessário iniciar uma nova revolução energética, com o objectivo estratégico de incentivar o uso de fontes de energia renovável (sol, vento, água), para a produção de energia necessária ao desenvolvimento e subsistência das populações do mundo [1].

A Directiva Europeia foi transportada em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei:

- O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)*;
- O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril, *Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE)*;

- O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*.

Com esta nova legislação durante o processo de concepção/construção era necessário tomar medidas que fossem de acordo com a poupança energética dos Edifícios. A Reabilitação Térmica surge como um dos principais meios para combater os excessivos gastos energéticos existentes na maioria dos edifícios construídos antes de 2006. Existem vários métodos que permitem obter uma maior eficiência energética de um Edifício, desde o reforço do isolamento da envolvente até à instalação de painéis solares para aquecimento de águas. Mas um dos processos ainda pouco em utilização é a aplicação de módulos pré-fabricados para executar a reabilitação, muito porque a indústria da pré-fabricação se encontra ainda em desenvolvimento em Portugal e por se considerar que a utilização dessa metodologia não é competitiva e capaz de se ajustar ao parque edificado existente.

Portanto é no domínio da Eficiência Energética, da Reabilitação Térmica e da Pré-Fabricação, que este estudo se encontra inserido.

1.2. OBJECTIVOS DO TRABALHO

Esta dissertação insere-se no âmbito da Reabilitação Térmica associada a Bairros Sociais utilizando um método de reabilitação muito específico, proposto no âmbito de um programa criado pela Agência Internacional de Energia chamado Annex 50.

O processo proposto no Annex 50, de forma muito genérica, passa pela utilização de vários módulos pré-fabricados que poderão ser aplicados em fachadas, pavimentos ou coberturas. O objectivo será, perceber até que ponto é possível aplicar os módulos previstos para as fachadas no parque habitacional de Portugal, neste caso concreto nos Bairros Sociais. Pretende-se perceber quais as dificuldades na aplicação dos módulos, mas também qual o potencial da sua produção em série. Será ainda importante referir de uma forma genérica quais os possíveis benefícios que a reabilitação poderá trazer tanto a nível energético, como de conforto e qualidade do ar interior.

É também necessário perceber até que ponto o proposto no Annex 50 é uma inovação como técnica de reabilitação térmica e em que pontos difere dos métodos tradicionais. E visto que o método de reabilitação proposto pelo programa Annex 50 incide sobre a pré-fabricação, será importante perceber qual a utilização e importância deste método construtivo no panorama nacional.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos fundamentais:

- Capítulo 1: *Introdução* – Apresentação formal do trabalho, fazendo referência ao contexto temático e aos objectivos que se pretendem alcançar, assim como a própria estruturação da dissertação.
- Capítulo 2: *Reabilitação* – Abordagem genérica da área da reabilitação, sendo descritos os vários processos existentes de reabilitação térmica e quais os conceitos que se encontram associados.
- Capítulo 3: *Pré-fabricação* – Explicação das vantagens e desvantagens associadas à utilização da pré-fabricação na construção, seguido de exemplos nacionais e internacionais em que foi utilizada a pré-fabricação. Por último, expõem-se o método de reabilitação proposto no Annex 50.

- Capítulo 4: *Base de dados (Bairros Sociais)* – Neste capítulo é caracterizada a amostra que serviu de base de dados a este trabalho. Todos os edifícios são descritos de uma forma genérica, sem grande pormenorização, pois só se pretende perceber os traços principais de cada edifício e o que os distingue.
- Capítulo 5: *Estudo de caso – aplicação de módulos pré-fabricados em fachadas* – Apresenta-se de forma detalhada as diferenças arquitectónicas existentes nos vários Bairros Sociais e explica-se para cada caso quais as dificuldades encontradas na aplicação dos módulos pré-fabricados nas fachadas, e qual o aspecto final depois da colocação dos módulos. Depois de uma forma geral explica-se as melhorias que a aplicação da reabilitação trará para os edifícios. Por último, é feita uma reflexão de quais as propriedades que os materiais a aplicar nos módulos pré-fabricados devem possuir.
- Capítulo 6: *Conclusão* – Síntese das ideias principais a reter do presente trabalho, sendo por último apontado um possível seguimento para trabalhos futuros.

2

REABILITAÇÃO

2.1. GENERALIDADES

Reabilitar é a palavra de ordem nos dias de hoje, tendo-se tornado uma prática corrente e um conceito instrumental aplicável não só ao património arquitectónico e ao tradicional urbano, mas também a muito edificado e urbano ainda recente que, pela sua deficiente qualidade construtiva, sofre de patologias inesperadas face ao seu curto tempo de vida. [2]

A grande maioria dos centros urbanos alberga um grande número de edifícios num estado de degradação avançado. Atendendo também ao grande número de habitações devolutas, é de fácil entendimento, que dada a excessiva taxa de ocupação do solo, aí a oferta da nova construção seja menor.

Sendo as áreas disponíveis para construção nova nas grandes cidades cada vez mais restritas, e o sector económico para a reabilitação de edifícios (em condições de venda ou de arrendamento) não ter a projecção suficiente no mercado imobiliário, assiste-se à descentralização cada vez mais acentuada da população.

Como consequência verifica-se o crescimento das zonas periféricas dos maiores centros, tendo-se verificado um aumento de construção seja ela empresarial ou habitacional, cuja oferta sustentada em preços mais baixos, consegue suprir as necessidades de procura.

Mas este crescimento acentuado das zonas periféricas não tem estrutura física para ser suportado de forma ilimitada, até porque grande parte das construções novas não têm padrões de qualidade elevados dando origem a diversos problemas com um tempo de vida útil ainda reduzido, por isso a reabilitação e a renovação constituem-se actividades de futuro ascendente. Também a demolição dos edifícios existentes, para dar lugar a novos, contribui para a progressiva descaracterização e desvalorização das cidades, assumindo-se como uma má solução ao nível da gestão do património construído. [3]

A construção civil é um dos sectores da actividade humana que mais pressão exerce nos recursos naturais. Segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, redigida pela International Council for Research and Innovation in Building and Construction, nos países industrializados a construção consome cerca de 50% dos recursos naturais, produz 50% dos resíduos, absorve 40% da energia, e produz cerca 30% das emissões de CO₂. Estes números têm de ser alvo de reflexão e demonstram a necessidade crescente de um desenvolvimento sustentável no sector de construção. Todas as etapas deste a extracção e beneficiação de inertes e matérias-primas, passando pelo planeamento e o projecto

até à construção de edifícios e infra-estruturas têm de ser repensadas na óptica de redução dos impactos ambientais, da economia de recursos e da eficiência energética.

A conjuntura económica internacional que se vive neste momento aliada a estagnação do mercado de construção, é uma situação propícia para se fazer uma reflexão sobre o caminho a seguir, de forma a se obter uma estratégia pró-activa que responda as necessidades urgentes da estrutura urbana e, particularmente, a edificada. Neste prisma, a reabilitação e a reutilização de edifícios são essenciais para conferir uma maior sustentabilidade ao sector da construção. Reabilitar edifícios possibilita a redução, do impacto da produção de energia, da extracção de matérias-primas para a produção de materiais de construção, e da necessidade de transporte de materiais. Em Portugal, todavia, ao contrário do que acontece na generalidade dos países da Europa esta não é ainda a opção seguida, tendo no entanto nos últimos anos se verificado um pequeno aumento no sector da reabilitação mas ainda assim insuficiente quando comparado com o resto da Europa.

Fazendo uma comparação entre a preservação das construções com as actividades de demolição ou de reconstrução do edificado, chega-se à conclusão que a primeira apresenta, pelo menos, as seguintes vantagens económicas [4]:

- Menores custos de demolição;
- Menores custos em licenças e taxas;
- Aprovação mais fácil do projecto;
- Menores custos de estaleiro;
- Menor consumo de materiais;

Mesmo comparando a reabilitação com a construção nova, verifica-se que quando o preço unitário dos trabalhos de reabilitação é superior ao da nova construção, o custo total da intervenção de reabilitação pode ser menor do que o da construção de um edifício novo, com a certeza que a sua sustentabilidade ficará garantida.

Considerando como intervenções de reabilitação a colocação de vidros duplos nos vãos envidraçados e o isolamento térmico de coberturas e paredes, estima-se que o potencial alvo de realização de obras de requalificação energética seja de 43% de alojamentos familiares existentes em Portugal, num universo de 5,6 milhões [5]

Com base neste número facilmente se percebe qual o potencial da reabilitação no contexto nacional, nomeadamente no que concerne à melhoria do conforto pela envolvente, com redução dos impactos do excesso de ocupação do solo, da dependência energética nacional e da intensidade energética da economia do país.

2.2. PRINCÍPIOS PARA REABILITAÇÃO TÉRMICA DE EDIFÍCIOS

Como já se referiu muito do parque edificado português e em particular o sector residencial, necessita de intervenções profundas de forma a melhorar as suas condições de habitabilidade, e tendo sido a grande maioria dele construído num período em que não existia regulamentação relativamente às características térmicas de edifícios, apresenta uma deficiente qualidade térmica e energética, que se traduz, essencialmente, em envolventes com um isolamento térmico insuficiente.

Para além das circunstâncias enumeradas anteriormente, o facto de o preço da energia disparar para níveis cada vez mais elevados, e das notícias relacionadas com as mudanças climáticas serem cada vez mais alarmantes, obrigou a Europa a implementar um sistema de eficiência energética através do qual pretende simultaneamente a sua dependência dos combustíveis fósseis e diminuir as emissões de

carbono para a atmosfera. Sendo a construção um dos sectores económicos que mais contribui para a pressão sobre os recursos naturais, também se viu obrigada a lançar novas regras de forma a melhorar a eficiência energética dos edifícios, a construir e a reabilitar, quer se trate de edifícios de habitação, quer de serviços. Foi publicada em 2003 a Directiva Comunitária nº 2002/91/CE, que obriga os estados membros a melhorar o desempenho energético das construções, ao nível do conforto térmico e do consumo de águas quentes. Esta directiva foi transportada para a legislação portuguesa através do decreto-lei 80/2006 de 4 de Abril.

Quando se fala em incluir medidas de eficiência energética num edifício para além dos possíveis problemas relacionados com o envelhecimento natural dos materiais ou a falta de manutenção, é preciso ter presente uma série de características dos edifícios que podem contribuir para a redução do seu desempenho térmico e a consumos elevados; quer na estação de aquecimento, que na estação de arrefecimento.

Entre as características do edifício, devem ser mencionadas as seguintes:

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Existência de pontes térmicas na envolvente do edifício;
- Presença de humidade (afectando o desempenho energético e a durabilidade);
- Baixo desempenho térmico de vãos envidraçados e portas (perdas de calor desproporcionadas por transmissão térmica e por infiltrações de ar excessivas);
- Falta de protecções solares adequadas nos vãos envidraçados, dando origem a sobreaquecimento no interior dos edifícios ou aumento das cargas térmicas e das necessidades energéticas no caso de habitações com sistema de arrefecimento ambiente;
- Ventilação não controlada, originando maiores necessidades energéticas em aquecimento no Inverno, ou inversamente, ventilação insuficiente, conduzindo a maiores níveis de humidade relativa no Inverno e sobreaquecimento no Verão, e o consequente desconforto dos ocupantes, fenómenos de condensação e baixo nível de qualidade do ar interior.

Para além das características do edifício que podem contribuir para o elevado consumo, é preciso também entrar com o factor humano, ou seja, os comportamentos inadequados, em termos de conservação energética por partes dos utentes do edifício, alguns exemplos dessa má utilização, são os seguintes:

- Manutenção dos sistemas de aquecimento e/ou arrefecimentos ligados, enquanto as janelas estão abertas;
- Climatização desnecessária dos espaços, permitindo temperaturas interiores fora dos níveis recomendados, isto é, demasiado quentes no Inverno e demasiado frios no Verão.

Como em qualquer ramo da construção também na reabilitação é necessário utilizar um determinado procedimento para se obter a melhor solução. Os principais passos a ser dados durante um processo de reabilitação deverão ser em primeiro lugar a inspecção, diagnóstico e definição da estratégia de intervenção, seguido da elaboração do projecto de execução e por último a execução em obra da solução proposta.

No primeiro passo é necessário fazer uma visita ao local que irá ser alvo da reabilitação, fazer o levantamento das patologias que possam existir no edifício, consultar o projecto e quando necessário fazer sondagens de forma a perceber a descrição dos vários elementos construtivos, pois só assim será possível definir uma estratégia de intervenção consoante as necessidades de cada caso.

O projecto de execução deve ser o mais detalhado possível, definindo perfeitamente quais os materiais a utilizar, qual o sistema construtivo a aplicar, o local em que deverão ser executados os trabalhos,

qual os procedimentos que devem ser seguidos pelos executantes de forma a se obter uma solução sem falhas e por último devem ser sempre associados a um mapa de trabalhos e quantidades.

A execução em obra deve ser acompanhada pelo projectista ou por alguém da sua confiança, de forma a garantir que o que idealizado em fase de projecto está a ser rigorosamente aplicado em obra, de forma a evitar surpresas após a conclusão dos trabalhos.

2.3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO TÉRMICA

2.3.1. GENERALIDADES

Reconstruir e reabilitar, ao contrário do que se pode pensar, não é mais caro do que construir de raiz, e pode muitas vezes ser até bastante mais barato, dependendo do estado de conservação do edifício e do reaproveitamento que se possa fazer dos materiais que o constituem. O objectivo da reabilitação é o aumento do tempo de vida útil e ao mesmo tempo dotá-lo de maior adaptabilidade às funções a que está destinado. A reabilitação para além de diminuir o consumo de energia do edifício, de permitir requalificar e reutilizar o espaço, é uma forma de preservar as marcas históricas e culturais de um espaço, resultando daí a sua valorização social e económica.

Existem diversas soluções que podem ser utilizadas durante uma reabilitação, porém é preciso entender que algumas dessas soluções só deverão ser equacionadas apenas quando o edifício for objecto de uma reabilitação geral, pois só assim se justificam, em termos económicos e funcionais.

Noutros casos, a sua viabilidade técnico-económico é melhorada quando conjugada com uma intervenção de carácter estrutural, necessária por outros motivos. Como por exemplo a aplicação de isolamento térmico na cobertura quando esta tem que ser intervencionada para a aplicação de impermeabilização.

Mas em qualquer dos casos é sempre necessário que para cada caso, seja estudado uma determinada solução, pois só assim se poderá garantir a qualidade da solução, seja ela em termos de consumo de energia, de conforto térmico e acústico e da qualidade do ambiente interior.

As medidas de eficiência energética a aplicar na envolvente dos edifícios residenciais já existentes podem realizar-se através do:

- Reforço do isolamento térmico conferido pela envolvente dos edifícios (paredes, cobertura, pavimentos), a utilização de protecções solares e a sua compatibilização com o aproveitamento da iluminação natural;
- Controlo das infiltrações de ar;
- Recurso a tecnologias solares passivas e activas, nomeadamente a possibilidade de maximizar o aproveitamento de energias renováveis para Águas Quentes Sanitárias, reforço do aquecimento central, ou fornecimento de energia eléctrica.

O reforço do isolamento térmico pode concretizar-se pelo aumento do isolamento térmico das envolventes. O controlo dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, poderá ser feito através de protecções solares adequadas, que permitam controlar esses ganhos às necessidades de aquecimento e de arrefecimento, respectivamente no Inverno e no Verão.

O controlo das infiltrações de ar consiste na reparação e eventual reabilitação da caixilharia exterior, bem como de outras medidas complementares.

Os vãos envidraçados têm um peso significativo no balanço térmico global dos edifícios, podendo ser no Inverno, cerca de 35% a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios residenciais e no Verão,

podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento interior e por grande parte das necessidades de arrefecimento associadas à envolvente, devendo ser portanto sempre analisada a sua implementação [6].

Durante a estação fria, os vãos envidraçados podem gerar situações de desconforto nos ocupantes dos edifícios que permaneçam na sua proximidade, seja devido a correntes de ar frio, causadas por infiltrações de ar através das juntas da caixilharia, seja por efeito de “superfície fria”, que se verifica quando estes dispõem de vidros simples, pois as temperaturas superficiais interiores podem atingir valores bastantes mais baixos que a do ambiente anterior.

2.3.2. PAREDES EXTERIORES

O reforço do isolamento térmico das paredes exteriores, tem como principais vantagens a diminuição do consumo de energia e o aumento do conforto térmico, e pode ser concretizado através da aplicação de:

- Isolamento térmico exterior;
- Isolamento térmico interior;
- Isolamento térmico em caixa-de-ar (limitado ao caso de paredes duplas).

Cada uma destas opções admite vários tipos de soluções.

Nas situações em que a parede é constituída apenas por um só pano (parede simples), o reforço do isolamento pode ser efectuado tanto pelo interior como pelo exterior. O reforço do isolamento térmico pelo exterior, sempre que não existam constrangimentos de ordem arquitectónica, constitui em geral uma melhor solução do que a aplicação do isolamento pelo interior, como se pode verificar pelo quadro 2.1. em que as vantagens da sua aplicação são mais do que os seus inconvenientes.

Quadro 2.1. – Vantagens e inconvenientes do isolamento térmico exterior de fachadas [6]

Vantagens	Desvantagens
Isolamento térmico mais eficiente	Constrangimentos arquitectónicos
Protecção das paredes contra agentes atmosféricos	Constrangimentos de ordem técnica
Ausência de descontinuidade na camada isolante	Maior vulnerabilidade da parede ao choque, sobretudo no rés-do-chão
Supressão de “pontes térmicas” e redução dos riscos de condensação	Custo em regra mais elevado (aproximadamente o dobro).
Conservação da inércia térmica das paredes	Condicionamento dos trabalhos pelo estado do tempo
Manutenção das dimensões dos espaços interiores	Risco de fendilhação dos revestimentos (em soluções com revestimentos contínuos)
Menores riscos de incêndio e de toxicidade	
Manutenção da ocupação dos edifícios durante as obras	
Dispensa de interrupções nas instalações interiores e de trabalhos de reposição de acabamentos	
Eventual melhoria do aspecto exterior dos edifícios	

2.3.2.1. Soluções de isolamento térmico exterior

Existem três tipos de soluções para isolamento térmico exterior:

- Revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa-de-ar – (figura 2.1.);
- Sistemas compostos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) – (figura 2.2. e 2.3.);
- Revestimentos isolantes – por exemplo, revestimentos pré-fabricados isolantes descontínuos; rebocos isolantes e revestimentos de espuma isolante projectada – (figura 2.4.).

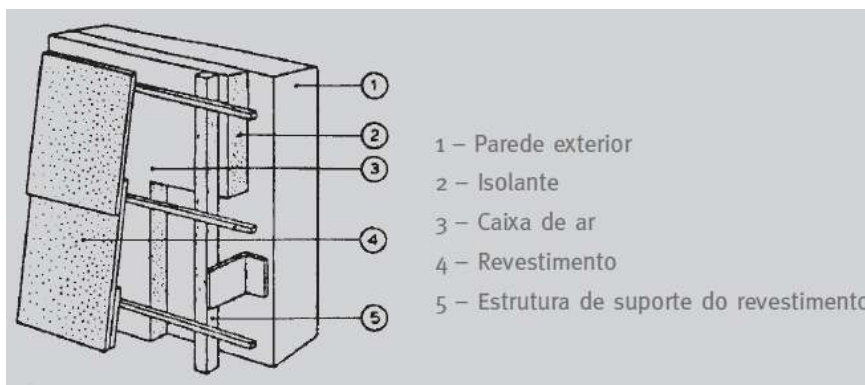


Fig. 2.1 – Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa-de-ar [6]

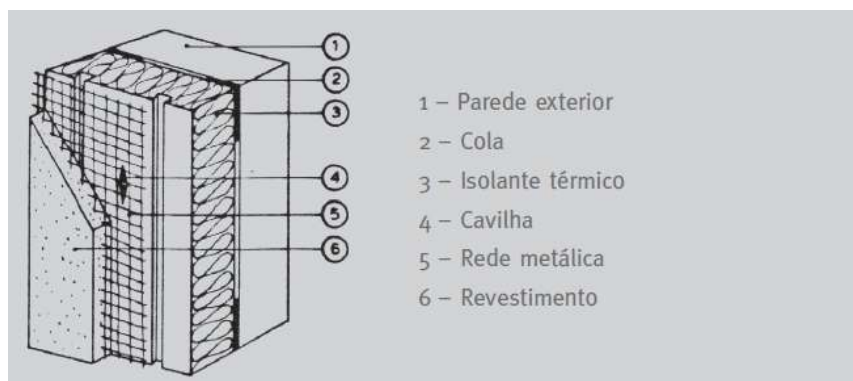


Fig. 2.2 – Sistema de isolamento térmico composto exterior com revestimento espesso [6]

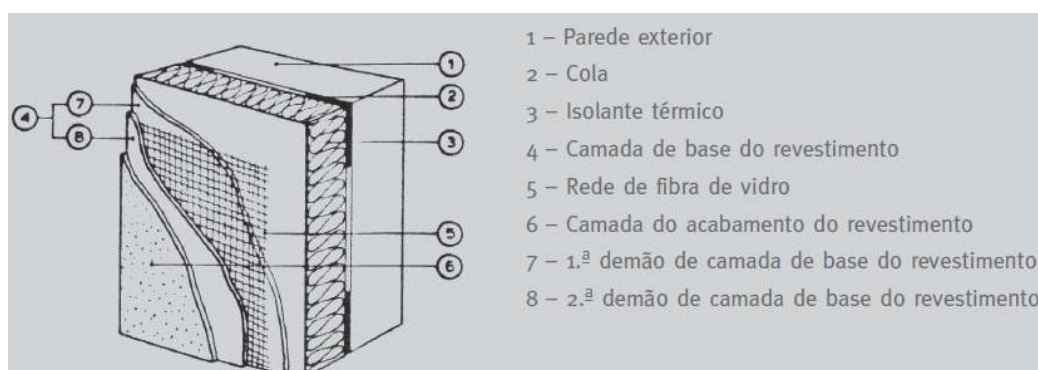


Fig. 2.3 – Sistema de isolamento térmico composto exterior com revestimento delgado [6]

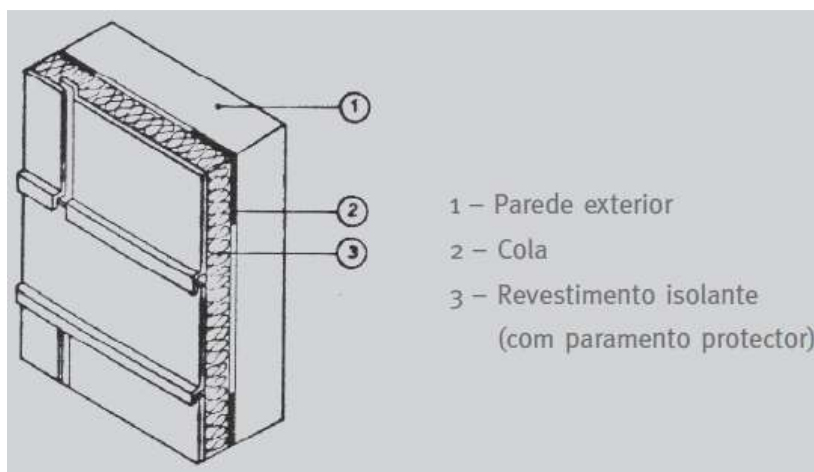


Fig. 2.4 – Sistema de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados [6]

Os revestimentos independentes descontínuos com interposição de um isolante térmico na caixa-de-ar, consistem na colocação de uma camada de isolante fixada à parede, através de uma estrutura de suporte metálica ou em madeira, formada por montantes e travessas, sobre a qual é colocada um revestimento independente constituído por elementos descontínuos (placas de fibrocimento, placas de pedra, metálicas ou em material plástico), que servem de protecção ao isolamento térmico perante a acção da chuva. Nos casos em que se utiliza uma estrutura de suporte em madeira, esta deve ser tratada de forma a resistir a ataques biológicos. Entre o revestimento e o isolante, deve ser criada uma caixa-de-ar fortemente ventilada com uma espessura nunca inferior a 20 mm, esta camada serve para evitar que o isolante entre em contacto com a água salvaguardando as suas características térmicas. Mas mesmo utilizando uma caixa-de-ar deve-se, procurar sempre minimizar as possibilidades de infiltrações de águas, dando especial atenção à protecção e recobrimento dos topos superiores, laterais e inferiores do sistema. Deve-se também dar atenção às ligações com peitoris, enquadramento com vãos e outros elementos salientes, tendo o cuidado de executar juntas estanques.

Os sistemas ETICS, são soluções não-tradicionais constituídas por placas de isolamento térmico em que numa das suas fases é aplicado um revestimento contínuo armado. As placas são fixadas à parede por colagem, por fixação mecânica ou por ambos os processos. Existem dois tipos de sistema ETICS associados à espessura do revestimento exterior; ou é sistema com revestimento espesso, ou sistema com revestimento delgado.

Nos sistemas com revestimento espesso, utilizam-se normalmente placas de poliestireno expandido moldado (EPS), ou de lã mineral (MW), na camada de isolamento térmico sobre a qual é aplicado um revestimento armado com malha metálica ou fibra de vidro.

Nos sistemas com revestimento delgado, que é mais usual do que o anterior, utilizam-se sobretudo placas de poliestireno expandido moldado (EPS) e um revestimento de ligante sintético ou misto armado com uma rede de fibra de vidro protegida contra o ataque dos álcalis do cimento e que deve ser em malha quadrada de 4 mm x 4 mm, e ter massa de 150 a 200 g/m². Caso se pretenda utilizar um isolante de origem natural, por motivos de minimização do impacto ambiental, pode recorrer-se à corticite, um material de baixa condutibilidade térmica, que deriva de cortiça, uma matéria-prima totalmente natural e renovável. Quando o ETICS é utilizado em zonas de fácil acesso, como é o caso das paredes dos pisos térreos, é normalmente utilizado um reforço com uma rede adicional, de forma a resistir a acções mecânicas mais severas. Durante a aplicação deste sistema é necessário ter alguns

cuidados, nomeadamente, de limpeza dos paramentos em que são aplicados, para eliminar microorganismos vegetais e poeiras; com a colagem sobre as paredes, de placas de poliestireno expandido; com a ligação dos bordos laterais e das faixas contíguas; com a aplicação de cantoneiras nos cantos do sistema. Há que ter em conta que as placas devem ser posicionadas com as juntas verticais desencontradas [7].

Os sistemas de isolamento térmico por elementos descontínuos pré-fabricados (Vetures), são executados a partir de elementos previamente produzidos em fábrica, constituídos por material isolante em placa (quase sempre poliestireno expandindo) e por um revestimento (de natureza metálica, mineral ou orgânica). Em virtude de o isolante e o revestimento serem pré-fabricados, a aplicação destes em obra é feita numa única operação, apresentando, no entanto, algumas dificuldades de adaptação a pontos singulares das fachadas, como por exemplo, os vãos. Relativamente aos sistemas de isolamento térmico por revestimentos de elementos descontínuos, com isolante na caixa-de-ar, é dispensável a existência de estrutura de fixação intermédia e da lâmina de ar entre o revestimento e o isolante. Em relação aos sistemas ETICS, dispensa-se a da execução de camadas sucessivas, que obrigam à manutenção da totalidade dos andaimes em obra durante mais tempo.

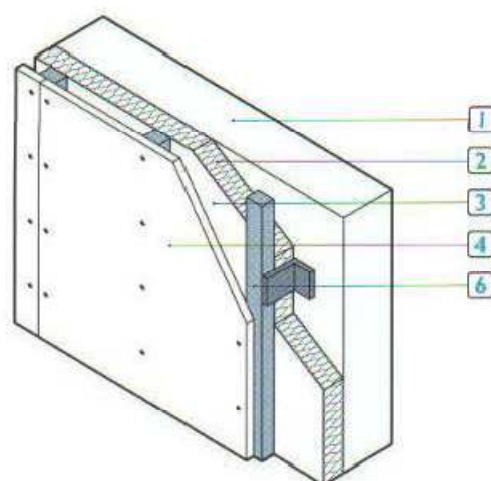
A solução de rebocos isolantes é constituída por argamassas que incorporam grânulos de um isolante térmico, com vista a reduzir a sua condutibilidade térmica. O diâmetro dos grânulos deve ser muito reduzido. Esta solução, é em geral 2 ou 3 vezes menos eficiente que as outras soluções de reabilitação térmica, embora seja de mais fácil aplicação. Este recurso não pode por si só ser considerado como solução para a reabilitação térmica de paredes, sem dispensar a adopção de outras medidas complementares [7].

2.3.2.2. Soluções de isolamento térmico pelo interior

A aplicação de isolamento térmico pelo interior é uma solução mas versátil, menos dispendiosa e mais fácil de executar. Em edificios constituídos por fracções autónomas, tem a vantagem de permitir a reabilitação de cada fracção separadamente. Um dos grandes inconvenientes é o facto de não permitir a correcção de pontes térmicas lineares correspondentes aos topos das lajes de pavimento e de esteira. Para este tipo de isolamento existem diversas soluções, nomeadamente painéis isolantes pré-fabricados ou a execução de uma contra-fachada no lado interior da parede a reabilitar.

Em relação aos painéis isolantes pré-fabricados, a solução mais correntemente utilizada realiza-se através de painéis com a altura do andar que associam um paramento de gesso cartonado e uma camada de isolamento térmico com placas de poliestireno expandido moldado (EPS) ou extrudido (XPS), colados no tardo das placas de paramento. Os painéis podem ser colados directamente ao paramento a reabilitar, ou ser fixados através de uma estrutura de apoio.

Relativamente às soluções baseadas na execução de uma contra-fachada no lado interior da parede a reabilitar, têm sido utilizadas duas soluções: um pano de alvenaria leve (contra-fachada de alvenaria), ou um forro de placas de gesso cartonado com a respectiva estrutura de apoio fixada à parede, em que o isolamento térmico é aplicado, desligado da placa de gesso cartonado (contra-fachada de gesso cartonado).



8 - Contra-fachada de gesso cartonado

- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Contra-fachada
- 5 - Revestimento interior
- 6 - Estrutura de suporte da contra-fachada

Fig. 2.5 – Contra-fachada em gesso cartonado [7]

2.3.2.3. Soluções de isolamento térmico na caixa-de-ar de paredes

Esta solução é apenas aplicável a edifícios em que as paredes exteriores são constituídas por dois panos. A aplicação deste método é feita, por incorporação de materiais isolantes soltos ou espumas injectadas na caixa-de-ar, permitindo manter o aspecto exterior e interior e reduzir ao mínimo as operações de reposição dos respectivos paramentos, que ficam limitadas à vedação dos furos de injeção.

Esta solução pode apresentar algumas limitações importantes, como por exemplo, a caixa-de-ar poder ter uma espessura ou apresentar-se preenchida com argamassas ou detritos, que pode dificultar a aplicação de forma homogénea do isolante térmico. A aplicação deste método deve ser executada por especialistas, pois é necessário uma escolha criteriosa da espuma de poliuretano, a pressão de injeção também deverá ser controlada para evitar deformações na parede e garantir uma distribuição homogénea, o número e a distribuição de furos também deverá ser adequado e deverão ser realizados furos adicionais ou observações endoscópica para verificar esse preenchimento.

2.3.3. PAVIMENTOS

Os pavimentos a reabilitar termicamente podem localizar-se sobre espaços exteriores; sobre espaços interiores não aquecidos, nomeadamente garagens, marquises, arrecadações, armazéns, varandas, ou marquises fechadas; sobre espaços não aquecidos e não ventilados, como caixas-de-ar sobre o terreno; ou podem ser pisos térreos. Para o reforço do isolamento térmico dos pavimentos existem três grandes opções, dependentes da localização desse isolamento:

- Isolamento térmico inferior – figura 2.6;
- Isolamento térmico intermédio
- Isolamento térmico superior

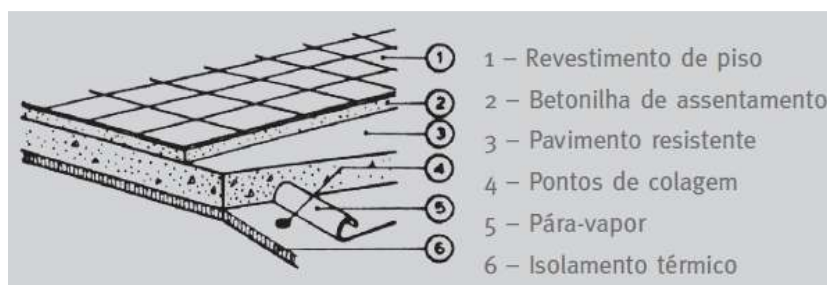


Fig. 2.6 – Pavimentos sobre espaço exterior ou não-aquecido – Isolamento térmico inferior [6]

Desde que o espaço subjacente ao pavimento, seja acessível, a solução de isolamento térmico inferior é a preferível, pois para além de ser mais eficiente do ponto de vista energético, é também de mais fácil e rápida aplicação e também tem um menor custo. A solução de isolamento térmico superior, para além de menos eficiente, reduz o pé-direito do espaço habitável.

2.3.4. COBERTURA

A cobertura é a parte do edifício que sofre as maiores flutuações térmicas. Por isso, o isolamento térmico das coberturas tem que ser visto como uma das intervenções prioritárias quando se pretende melhorar a eficiência energética de um edifício, visto que sua relação custo-benefício é muito boa, pois diminui as necessidades energéticas e ao mesmo tempo trata-se de uma medida simples e menos dispendiosa. As coberturas podem ser inclinadas ou horizontais. Qualquer que seja o seu tipo, é possível encontrar soluções de reabilitação térmica.

2.3.4.1. Coberturas Inclinadas

O reforço de isolamento térmico deste tipo de coberturas pode-se fazer segundo quatro opções:

- Isolamento aplicado na face superior da esteira do tecto – figura 2.7;
- Isolamento aplicado na face interior da esteira do tecto – figura 2.7;
- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura, em posição superior;
- Isolamento aplicado nas vertentes da cobertura em posição inferior;

Sempre que o desvão da cobertura inclinada não seja habitável, deve-se aplicar a camada de isolamento térmico sobre a esteira horizontal, eventualmente protegida superiormente, se o desvão for acessível, e assegurar sempre a ventilação do vão. Comparativamente ao isolamento das vertentes este método é mais económico, pois em geral a quantidade de isolamento utilizado é menor e a sua aplicação é mais fácil, e por outro lado, haverá um menor consumo de energia para aquecimento durante a estação fria, pois o desvão não necessita de ser aquecido. Na estação quente, o facto de o desvão ser fortemente ventilado, leva à existência de uma maior dissipação térmica.

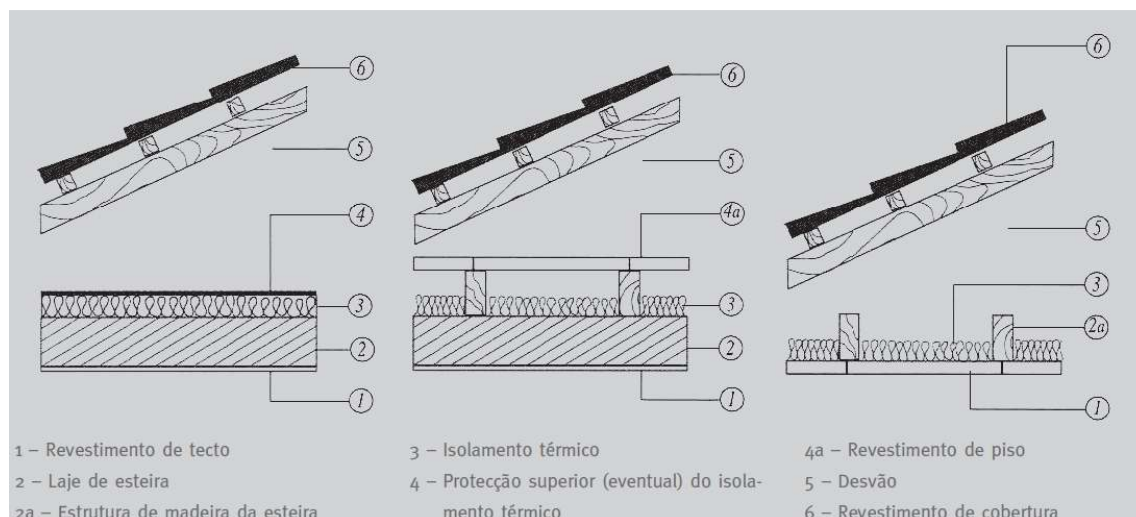


Fig. 2.7 – Cobertura inclinada com desvão não-habitável – Isolamento térmico na esteira horizontal [6]

As soluções de isolamento térmico aplicado, segundo a vertente da cobertura devem, ser apenas reservadas para as situações em que o desvão seja habitável. Dentro das várias soluções possíveis, aquela que é preferível utilizar é a aplicação do isolamento térmico sobre a estrutura da cobertura. Na sua aplicação deve ser assegurada a existência de uma lâmina de ar ventilada, entre o revestimento exterior da cobertura e o isolante térmico, para evitar a desagregação dos materiais.

Quando o isolante térmico é colocado imediatamente sob o revestimento descontínuo da cobertura, é necessária a colocação de uma protecção superior ao isolante, de forma, a impedir a passagem de água em estado líquido para o isolante, no entanto é necessário que essa barreira não funcione como parâ-vapor para que não aconteçam condensações internas.

2.3.4.2. Coberturas Horizontais (em terraço)

O reforço do isolamento térmico deste tipo de coberturas pode ser conseguido através de três opções possíveis, que se distinguem pela localização do material isolante:

- Isolamento térmico aplicado na face superior;
- Isolamento térmico intermédio;
- Isolamento térmico aplicado na face inferior.

Das três soluções aquela que é mais aconselhável e também a mais utilizada, é a aplicação do isolamento térmico acima da camada de forma, sobre a impermeabilização (cobertura invertida) ou sob a impermeabilização (isolante térmico suporte de impermeabilização). A melhor opção é a de “cobertura invertida”, pois permite aumentar o tempo de vida útil da impermeabilização ao protegê-la de amplitudes térmicas significativas. Esta solução apresenta ainda a vantagem de possibilitar a preservação de sistemas impermeabilizantes que se encontrem em bom estado de conservação, visto dispensar a sua remoção.

Relativamente à solução de aplicação de isolamento térmico intermédio, embora possível, exige a reconstrução total das camadas sobrejacentes à laje de esteira, requerendo especiais cuidados, de concepção e execução, para evitar que ocorram fenómenos de choque térmico nas camadas acima do isolante térmico e a sua degradação.

Em relação à aplicação de um isolante térmico em posição inferior à laje de esteira, apenas se aceita, quando integrado num tecto-falso desligado da esteira. A directa aplicação do isolante na face interior da laje de esteira não deve ser sequer ponderada, pois além de ser menos eficiente aumenta o risco de existirem deformações de origem térmica na estrutura do edifício e a consequente degradação.

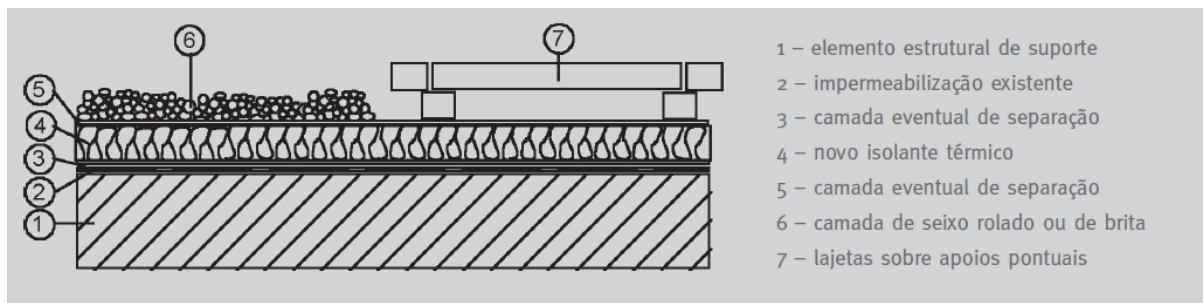


Fig. 2.8 – Cobertura invertida sobre impermeabilização existente ou nova [6]

2.3.5. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Os vãos envidraçados, como já foi referido, têm uma significativa influência no balanço energético dos edifícios. Por isso, a sua reabilitação é fundamental para melhorar a eficiência energética de um edifício. A reabilitação nos vãos envidraçados visa por um lado, reforçar o isolamento térmico do edifício, a redução das infiltrações de ar não-controladas e a melhoria da ventilação natural, e por outro, o aumento da captação de ganhos solares no Inverno e o reforço da protecção da radiação solar durante o Verão. Com estas medidas não aumentamos apenas a eficiência energética, mas as condições de habitabilidade e conforto dentro do edifício, também sofrem melhorias significativas.

Seguidamente, apresentam-se algumas alternativas para a reabilitação de vãos envidraçados, tendo em conta os vários objectivos expressos.

Sempre que a caixilharia se apresentar em bom estado de conservação e o caixilho o permita, deverá ser ponderada a substituição do vidro simples por um vidro duplo. Uma solução de referência é a utilização de uma janela de alumínio com vidro duplo, em que a espessura da lâmina de ar do vidro deve ser tanto maior quanto possível, preferencialmente de 16 mm.

Existem algumas situações, em que não é possível substituir o caixilho original tendo este que ficar voltado para o exterior, nessas situações poderá utilizar-se a colocação de uma janela interior afastada de cerca de 10 cm relativamente à primeira.

Nos casos em que as caixilharias se encontram num estado de degradação avançado e a sua reparação não é viável, deverá ser aplicada uma janela nova.

Nos edifícios de habitação e sempre que os locais tenham em geral ocupação nocturna importante, as protecções solares devem assegurar boa estanquidade quando fechadas, permitindo a formação de um espaço de ar muito fracamente ventilado entre a protecção e a janela, já que nessas condições as perdas térmicas através dos vãos se reduzem significativamente; são exemplos de protecções solares desse tipo os estores exteriores enroláveis, não-projectáveis, de réguas horizontais e as portadas cegas.

Outra medida importante é o isolamento térmico das caixas de estore (figura 2.9)

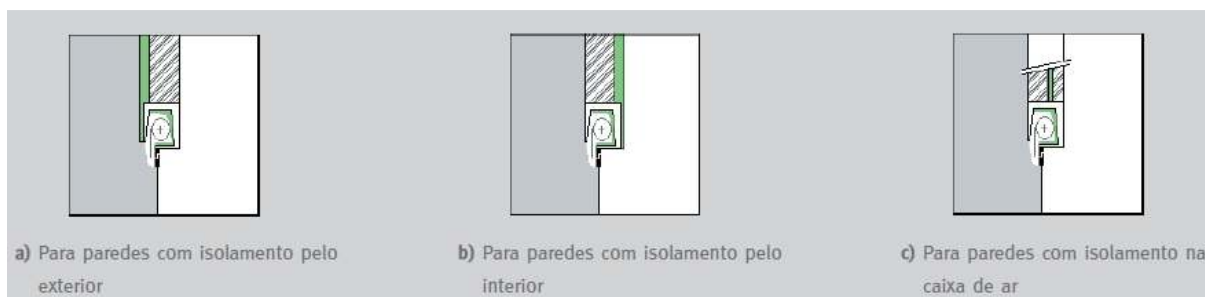


Fig. 2.9 – Pormenores de isolamento da caixa de estore [6]

Outro factor importante associado aos vãos envidraçados é as pontes térmicas associadas ao contorno dos vãos. Deve-se em primeiro lugar tentar que a janela fique complanar com o isolamento térmico da parede, devendo a cantaria do vão ser interrompida junto do isolamento térmico. Nas situações em que a parede não têm isolamento a janela deve ser colocada a meio ou junto do paramento interior. Por último, todos os elementos com elevada condutibilidade térmica devem ser interrompidos junto da caixilharia e do isolante térmico da parede.

Reduzir a permeabilidade de ar também deve ser uma das principais preocupações na reabilitação dos vãos envidraçados. Nos casos em que os caixilhos se encontram em bom estado existem várias formas de melhorar a sua permeabilidade, ou fazendo pequenas afinações de caixilhos, ou através da interposição de perfis vedantes nas juntas móveis e/ou substituindo os materiais vedantes que se encontrem envelhecidos.

A caixa de estore também deve ser devidamente tratada para evitar infiltrações de ar, pois caso isso não aconteça, esta pode ser responsável por infiltrações superiores às existentes nas janelas.

É preciso ter em atenção que estas medidas visam diminuir as infiltrações de ar não controlada, por isso, será necessário que durante a reabilitação o edifício seja dotado de ventilação natural ou mecânica para que fiquem assegurados os caudais mínimos de ventilação dos espaços.

Por último, durante a reabilitação é necessário ter em atenção os ganhos solares pelos vãos envidraçados. Quando os vãos não dispõem de dispositivos de protecção solar, deve ser ponderada a aplicação das protecções pelo exterior, podendo ser através de persianas ou portadas de baixa permeabilidade ao ar. Nas fachadas voltadas a Sul poderá ser benéfica a introdução de palas ou lâminas. A introdução de dispositivos de protecção interior é menos aconselhável, no entanto podem ter um papel importante no controlo da luz natural.

Uma forma de aumentar os ganhos solares no Inverno, é o aumento das áreas de vãos envidraçados nas fachadas voltadas a Sul, e por outro, a implementação de espaços tipo “estufa” ou “solário” ligados a envidraçados pré-existent. Porém, será necessário prever a abertura dos vãos envidraçados e aplicar dispositivos de sombreamento ou protecções solares reguláveis e eficientes, de forma a evitar o sobreaquecimento destes espaços durante o Verão.

2.3.6. PAINÉIS SOLARES TÉRMICOS

A utilização de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas domésticas, nos novos edifícios, ou para grandes reabilitações, tornou-se obrigatória com o novo RCCTE, sempre que haja terraços ou coberturas inclinadas orientadas entre os quadrantes sudeste e sudoeste. A regra prevê um metro de

quadrado de painel solar por morador, de forma a assegurar que os sistemas são dimensionados para satisfazer uma parte considerável de água quente.

O facto da energia solar ser um recurso endógeno gratuito e que em Portugal tem uma elevada disponibilidade, é um factor acrescido para que a sua aplicação traga grandes benefícios a eficiência energéticas dos edifícios. O número anual médio de horas de sol em Portugal é aproximadamente 25000 horas, sendo a variação entre o Norte e o Sul do país pouco significativa.

Os painéis solares, para além de serem utilizados para aquecimento de água, tem um enorme potencial para a produção de energia eléctrica. [7]

2.4. CONCLUSÕES

Como se verificou a reabilitação térmica de edifícios é muito abrangente, permitindo um elevado número de soluções que permitem melhorar a eficiência energética, as condições de conforto e a qualidade de ar dos edifícios. Para além disso comparando com o esforço dispendido nas novas construções, verifica-se que na reabilitação é muito menor e pode ser uma importante ferramenta na requalificação dos espaços urbanos.

Durante o processo de reabilitação térmica não devem ser apenas ponderadas medidas de melhoria de eficiência térmica, mas também melhorias acústicas, de conforto, e da qualidade de construção.

Para cada caso de estudo, devem ser sempre analisadas as melhores soluções, de forma a conseguir enquadrar os benefícios ao nível de consumo de energia, conforto térmico e qualidade do ambiente interior, com as principais características arquitectónicas e construtivas de cada edifício.

O âmbito deste trabalho é as estratégias de reabilitação térmica aplicadas a bairros sociais, no entanto a estratégia de reabilitação que vai ser analisada é a colocação de módulos pré-fabricados nas fachadas dos edifícios, muito semelhante ao caso dos módulos Venture, já mencionados, mas com melhorias significativas relativamente a esse processo nomeadamente incluir a utilização de módulos com vãos envidraçados, permitir a introdução de condutas e ventilação, e outras particularidades.

As soluções propostas para a reabilitação térmica dos Bairros Sociais, objecto de estudo nesta tese, serão apresentadas no capítulo 3.

3

PRÉ-FABRICAÇÃO

3.1. GENERALIDADES

Pré-fabricação. O termo pretende designar “um processo composto pelo conjunto de todas as acções que tenham por objectivo optimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases” (Sabbatini, 1989) [8], é um método de construção na qual parte ou a totalidade dos elementos são industrializados e montados em estaleiro utilizando equipamentos adequados.

O desenvolvimento da pré-fabricação tem sido pautado por altos e baixos estando ligado a períodos de guerra, desenvolvimentos económicos, catástrofes naturais e “booms” da construção, normalmente ligados à emergência da criação de habitação económica.

Não é possível definir com rigor, quando é que a pré-fabricação foi primeiramente utilizada na construção. Porém, a pré-fabricação moderna surge durante a I Guerra Mundial, mas não obteve os resultados desejados, devido à falta de meios tecnológicos que permitissem que a pré-fabricação fosse competitiva, relativamente às soluções de construção tradicionais.

Na mesma altura e pelas mesmas razões o betão armado sofre grande impulso, trazendo uma série de novas perspectivas à construção tradicional, oferecendo, a par de notáveis vantagens técnicas, uma maior rapidez e facilidade de execução. Sendo por isso, um dos materiais mais utilizados na construção tradicional mas também com grandes potencialidades na aplicação da pré-fabricação. [9]

A II Guerra Mundial, devido a sua imensa destruição, trouxe a necessidade da rápida construção de casas, tanto na Europa como na América e foi por isso um ponto importante para a evolução técnica da pré-fabricação, associada ao grande desenvolvimento verificado na indústria devido aos esforços da guerra. Era necessário construir bem e depressa mas com qualidade, para que não se cometessem erros passados em que as construções pré-fabricadas não correspondiam aos padrões de qualidade exigidos tendo sido, por isso, deixadas ao abandono. Surgem então, inúmeros esquemas de sistemas de construção pré-fabricada, os quais, submetidos a um controle oficial oportunamente estabelecido, deram origem a algumas dezenas de protótipos reproduzidos depois em realizações definitivas. Com a construção massificada foi possível corrigir erros de concepção e trazer uma evolução significativa, às técnicas de pré-fabricação. [10]

Recentemente, o desenvolvimento tecnológico sentido durante a década de noventa, resultou em profundas modificações nos vários sectores da economia. Estas modificações deram-se devido a factores ligados à globalização e ao avanço da informática e das telecomunicações, tais como o incremento do desenvolvimento tecnológico, a maior velocidade das informações e a criação de sistemas de gestão da qualidade. Estes factores aumentaram a eficiência dos sistemas de produção e

aumentaram a qualidade do produto final. Sendo a indústria da construção uma das principais áreas económicas também não passou ao lado desta mudança, procurando aumentar a eficiência de processos de produção e a qualidade do produto final.

Pode-se afirmar que a indústria da construção vai sofrer a evolução natural de cada vez mais se industrializar, ou seja, “vai desenvolver métodos baseados essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva, nos quais a variabilidade incontroável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as acções artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, características das modalidades operacionais ou totalmente mecanizadas”. [11] É aqui que a pré-fabricação assume um papel fulcral e mostra que é o caminho a ser tomado no futuro para uma construção mais eficaz, de maior qualidade e mais competitiva.

3.2. VANTAGENS E INCONVENIENTES

Já foi mencionado que a pré-fabricação é o caminho a seguir na construção, porém a sua aplicação não é de todo consensual e isso deve-se ao facto de muitos verem a existência de tantas desvantagens como vantagens na sua aplicação, o que tem dificultado a sua aplicação na construção, tanto em Portugal como no resto do mundo.

Por isso, é importante fazer uma análise de quais as principais vantagens e desvantagens deste processo construtivo.

As vantagens que se destacam são: [9] / [11]

- Produção em unidades industriais vocacionadas especificamente para esse fim, com rotinas de produção e pessoal especializado que possibilitam e facilitam um controle de qualidade eficiente ao longo de todo o ciclo produtivo, desde as matérias-primas aos ensaios do produto final;
- Rapidez de construção, devida ao facto da montagem dos elementos pré-fabricados ser, em geral feita a seco, o que faz com que se torne menos dependente das condições atmosféricas, facilitando o cumprimento de prazos e programa estabelecidos;
- Verifica-se uma melhoria da fase de projecto, permitindo um estudo detalhado de projecto e execução de protótipos experimentais precavendo possíveis erros, algo que na construção tradicional é na maior parte das vezes proibitivo;
- Redução da necessidade de cimbres e andaimes que, pelas grandes dimensões que muitas vezes as estruturas alcançam, implicam um custo muito elevado;
- Aumento da segurança dos trabalhadores relacionada com diminuição das horas de trabalho no estaleiro, com o profissionalismo e com a eficácia do equipamento. O uso de equipamento de transporte, elevação e montagem estritamente adequado a par de um menor recurso a equipamento e materiais auxiliares, como por exemplo, escoramentos e cofragens, assim como a mão-de-obra de montagem utilizada ser geralmente mais qualificada, mais eficiente e com outro tipo de comportamento;
- A pré-fabricação permite ainda prever mais facilmente a ampliação das construções;
- Reaproveitamento, em fábrica das cofragens, pela grande quantidade de elementos iguais que se fabricam;
- Redução da produção de resíduos e ruído em obra e diminuição dos gastos em energia;
- Redução de custos de fiscalização e manutenção;
- Alternativa segura à crescente escassez de mão-de-obra e experiente em obra;
- O processo repetitivo da pré-fabricação permite um aumento da qualidade e eficiência.

Pelo dito atrás, pode-se concluir que a pré-fabricação oferece uma maior qualidade, eficiência, maior durabilidade, maior fiabilidade, maior segurança e possibilita uma gestão fácil e eficiente.

Porém, como já foi referido existem alguns pontos que são um verdadeiro entrave por grande parte dos construtores, para que se aposte na sua aplicação e no seu verdadeiro desenvolvimento na construção. Dentro destas desvantagens, vista por alguns, destacam-se as seguintes: [9] / [11]

- Maior exactidão no estudo do projecto e pormenorização, que leva a maior controlo e rigor na fase do projecto, que pode originar um aumento de custo;
- Maior necessidade de controlo de fabricação; muito rigor nas formas e pormenores;
- Necessidade de recorrer a elementos de ligação, como por exemplo, parafuso e cantoneiras;
- Necessidade de grande rigor e controlo nas ligações;
- A mão-de-obra utilizada tem de ser maioritariamente especializada;
- Aumento de custos associados ao transporte das mercadorias;
- Limitação no tamanho das peças por facilidade de transporte;
- A utilização de máquinas durante a montagem faz com que exista uma redução drástica da mão-de-obra utilizada;
- Existe pouco conhecimento desta técnica de produção por parte dos projectistas, ocorrendo, assim, o risco de criação de projectos semelhantes perdendo-se o interesse na arte de projectar;
- O facto de ser necessária produção em grande escala faz com que muitas empresas de menor dimensão não tenham capacidade para responder a esta evolução, podendo levar a que várias empresas sejam encerradas, podendo trazer problemas graves de ordem social.

Como se verifica os entraves são em menor número que as vantagens associadas à pré-fabricação, porém o facto de ter, necessidade de um maior rigor no projecto, necessitar utilização de mão-de-obra especializada e o aumento de custos devido ao transporte, fazem com que muitos construtores não implementem este tipo de solução. Por isso, é importante ultrapassar estas barreiras para que finalmente a pré-fabricação seja vista por todos como uma solução viável, competitiva e de futuro para a construção.

3.3. EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Existem inúmeros exemplos da utilização da pré-fabricação, uns com menos e outros com mais sucesso, tanto em Portugal como no resto do Mundo. Para se poder perceber os progressos que têm sido feitos na indústria da pré-fabricação é imprescindível dar exemplos dessa evolução, por isso, aqui irão ser apresentados uma série de soluções de pré-fabricação utilizadas no processo de construção.

Antes de dar exemplos de pré-fabricação é preciso distinguir entre pré-fabricação total e pré-fabricação parcial, para assim se perceber a que tipos de pré-fabricação estão associados os exemplos dados. Por pré-fabricação total entende-se toda a construção totalmente pré-fabricada em que todas as partes constituintes da construção, exceptuando fundações e ligações de canalização, são executados em fábrica reduzindo em grande escala os trabalhos efectuados “in situ”. Já por pré-fabricação parcial entende-se as obras em que parte da sua construção é realizada pelos métodos tradicionais e outra parte se recorre a utilização de pré-fabricação.

A pré-fabricação total é normalmente encontrada em pequenas habitações ou construções, não querendo com isto dizer que não existam exemplos de pré-fabricação total em construções de maior porte. Já a pré-fabricação parcial tem muitas mais potencialidades e maior aplicabilidade na

construção geral, visto que resulta da conjugação de construção tradicional com a pré-fabricação, não estando, por isso, dependente de possíveis limitações que possam resultar da utilização de pré-fabricação. [10]

Como já foi referido não é possível precisar a época em que a pré-fabricação passou a ser utilizada na construção, pois conseguem-se encontrar exemplos da utilização deste método em civilizações como a Grega, Romana ou Egípcia, por isso, seria insensato tentar precisar uma data para definir quando a pré-fabricação começou a ser utilizada na construção.

Dito isto, os exemplos que vão ser dados são datados de depois da Revolução Industrial no séc. XIX, pois a partir desta época verificaram-se grandes avanços na indústria o que potenciou a utilização de pré-fabricação. Ainda na mesma época começa-se a utilizar o betão armado como material de construção o que veio impulsionar toda a construção para uma grande evolução, tanto na construção tradicional como na pré-fabricação.

No princípio do séc. XX o arquitecto inglês John Brodie desenvolveu o 1º sistema de painéis de betão pré-fabricados utilizados na construção de uma habitação em Eldon Street, Liverpool.

Em 1906, Thomas Edison, desenvolve um sistema construtivo que ficou conhecido por “tilt-up” (figura 3.1), que consiste no desenvolvimento de paredes moldadas na horizontal, que são posteriormente colocadas na vertical. Este método ganhou visibilidade quando o arquitecto construtor americano Robert Aiken, em 1909, utilizou o método no frontal da Igreja Metodista em Zion-Illinois, nos Estados Unidos. Ele construiu a parede pré-moldada de betão sobre um estrado, que foi depois elevada através de uma plataforma basculante. Este método sofreu uma grande impulsão com o aparecimento na década de 50 das máquinas de elevação e das grandes fábricas de produção de betão. O método é utilizado para estruturas com grandes pés-direitos tais como armazéns ou complexos industriais, este método tem como principais vantagens o facto de eliminar pilares periféricos e exigir menos elementos de fundação, pois as paredes são autoportantes, e as lajes e a cobertura têm a função de “travar” o conjunto. [12] / [13]



Fig. 3.1 – Exemplo da utilização do Método tilt-up [10]

Em 1908 em New Jersey, Estado Unidos, aparecem as Sears Roebuck Houses, que eram um tipo de vivendas encomendas por catálogo, com estrutura e acabamentos em madeira. As peças desta casa eram fornecidas num kit, enviada normalmente por comboio para qualquer ponto do país, que continha todas as peças necessárias à sua montagem devidamente numeradas, para que com ajuda de um manual fosse fácil perceber qual a ordem de montagem da casa. Todas as componentes como portas, tectos, janelas, pavimentos, pregos e pinturas eram fornecidos pelo fabricante, apenas as fundações e determinadas especificações de acabamentos pedidas pelo proprietário eram realizados “in situ”.

Os períodos de guerra trouxeram grandes avanços na indústria bélica, mas também no âmbito dos métodos de construção. A empresa G.A. Fuller ao serviço das forças armadas dos EUA criou albergues (figura 3.2) que deveriam ser económicos, de fácil montagem, leves e de fácil transporte. Criou-se assim, uma construção de forma cilíndrica de 2,5m de raio e 11 metros de comprimento, fechada por módulos de chapa ondulados aparafusados a perfis de aço semicirculares que incluíam pequenas janelas. Pelo interior existia outra chapa e pelo meio das chapas isolamento de lã mineral. Este tipo de construção era também embalada e de fácil montagem, podendo ser transportada através de avião.

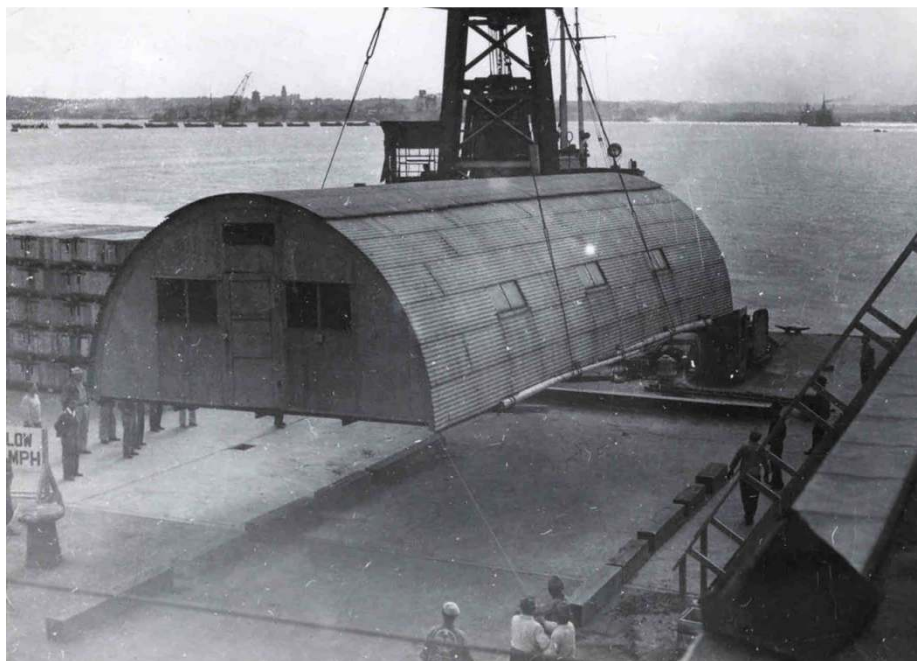


Fig. 3.2 – Albergue criado pela empresa G.A. Fuller [16]

Na América em 1939, devido à grande depressão sentida nos anos anteriores, surge um programa pelo T.V.A. (Tennessee Valley Authority), que pretendia construir casas económicas e em grande número para responder às necessidades de habitação da altura e também que permitisse a deslocação da habitação de um para outro local de implementação. [15]

Este programa foi em tudo semelhante ao criado em Inglaterra no pós-guerra em 1945, chamado A.I.R.O.H. (Aircraft Industries Research Organization on Housing) em que se pretendia utilizar as condições industriais propícias, neste caso a indústria aeronáutica que no pós-guerra diminuiu a produção de aviões. As casas eram feitas com painéis de estrutura metálicos extrudidos e pelo exterior composto por folhas de alumínio, sendo o seu interior preenchidos com betão celular para isolamento térmico e revestidos pelo interior com gesso.

No mesmo ano, nos EUA aparecia o projecto Package House fundamentado na experiência da escola Bauhaus sobre a relação entre a indústria e a arquitectura. A habitação desenvolvida era composta por painéis modulares industrializados que permitiam entre duas a quatro combinações, estes eram ligados através de juntas. Todos os elementos que a compunham, portas, janelas, tectos falsos, divisões, partes opacas, coberturas eram adaptados para a modulação dos painéis, que tinha como material principal a madeira. Este sistema permitia a construção de habitações de tamanho e configuração variáveis em um ou dois pisos, o que fez com que fosse necessário padronizar as escadas e os elementos para pé direito duplo. O projecto não chegou a passar da fase de protótipo.

No ano de 1946, a Lustron House (figura 3.3) nos EUA, lançava outro programa de construção de habitações pré-fabricadas que tinha como principal material uma chapa de ferro com esmalte vítreo. Este revestimento inorgânico de boro alumínio e silicatos fundidos a alta temperatura actua como dieléctrico entre o metal e o meio exterior, obtendo-se grande resistência à corrosão e a ataques químicos. Para além da inovação da utilização deste material, a Lustron House também usava perfis de alumínio nas janelas, correctores de pontes térmicas nos panos exteriores, aquecimento através de pavimento radiante e painéis solares para aquecimento de águas. A prefabricação era feita de modo semelhante à da indústria automóvel e era montada sobre fundações de betão realizadas “in situ”. Devido à complexidade das peças este projecto não teve grande sucesso tendo apenas sido feitas 2.500 casas. [15]



Fig. 3.3 – Lustron House [24]

Jean Provéu desenvolveu a tecnologia de utilização, de aço laminado dobrado na estrutura da habitação e de lâminas de alumínio para o revestimento. O seu projecto mais importante foi a construção de 14 casas, Maisons Meudon, encomendadas pelo Ministério da Reconstrução no ano de 1949. Este projecto foi feito utilizando o método construtivo Métropol em que a casa é suportada por um pórtico central. As principais inovações introduzidas, foram a utilização na estrutura de aço dobrado, juntas soldadas em oficina, remates e painéis em alumínio, painéis sandwich com isolamento térmico, novos materiais isolantes como a espuma sintética reforçada com fibra de vidro, fachadas

ligeiras independentes da estrutura e a pré-fabricação total. Também soube tirar partido da maquinaria e dos materiais de outras indústrias. [15]

Em 1949 aparece o sistema francês Camus, que consiste na utilização de painéis de betão nos quais são incorporados esquadrias e instalações. Estes painéis são fabricados em dimensões limitadas para facilitar o transporte para obra e as movimentações em estaleiro. Os painéis para as paredes têm dimensões que variam de 2,50 a 6,50 m, sendo que as paredes exteriores tem 25 cm de espessura e as interiores 15 cm, as placas do tecto e pisos têm aproximadamente as seguintes medidas 1,50 m x 3,50 m e 1,50m x 7,00 m. Os painéis têm entre as camadas de betão, placas de poliestireno. As paredes internas são feitas apenas em betão, podendo ser a sua espessura de 14 cm ou 7 cm, caso tenha funções estruturais ou não. [10]

No ano 1955, em Inglaterra, surge um projecto chamado New Airey Duo Slabs que utilizava sistema de pré-fabricação à base de betão armado. Os pilares eram realizados “in situ” e as vigas metálicas apoiavam nestes, colocava-se posteriormente as lajes pré-fabricadas formando assim o piso superior. A estrutura da cobertura inclinada era formada por treliças, vigotas e cintas de perfis de aço extrudido. As fachadas eram compostas por lajes de betão dispostas horizontalmente, com isolamento de fibra de vidro e pelo interior revestidas em gesso. [15]

Nas décadas de 50 e 60, em Inglaterra, surgiram muitos sistemas de construção industrializada associados aos estudos de coordenação modular, mais associados à construção de habitações. CLASP, SCOLA, CLAW, Onward MACE e SEAC são alguns dos projectos impulsionados pelas autoridades Inglesas, na tentativa de tornar os seus equipamentos mais económicos e ao mesmo tempo diminuir o tempo de construção. A modelação é fruto da tentativa de racionalizar, estandardizar e diminuir os tempos de execução da obra. Baseia-se normalmente em grelhas de módulos de duas ou três dimensões, normalmente divididas em sistemas estruturas e funcionais, que permitem um ajuste de todos os elementos construtivos às medidas previstas.

No Canadá em 1967, durante as celebrações do centenário da cidade de Montreal, surge um projecto para uma a construção de uma nova área residencial. O projecto ganhador, o Habit 67 de Moshe Safdie (figura 3.4), consistia na construção de habitações de um piso tendo sempre em consideração os jardins, as relações de vizinhança e acessos típicos existentes nesse tipo de habitação, mas neste caso esta construção era feita em altura. Um conjunto de espaços cheios e vazios agrupados até atingir uma altura de 12 pisos, sendo constituídos por uma célula de base em betão armado de 5,3 m x 3 m x 11,5 m pré-fabricada, exceptuando os seus acabamentos interiores. Em obra os módulos são içados até à posição final por guias, onde assentam nos outros módulos ou então assentam em vigas e pilares da estrutura complementar. Os 354 módulos estão ligados entre si através de um sistema de barras, cabos e armaduras pré-esforçadas, fazendo com que cada parte do edifício tenha um papel na distribuição de cargas. A utilização de betão armado com face à vista, como material principal, fez com que as exigências de economia, de baixa manutenção e de grande durabilidade fossem atingidas. [15]



Fig. 3.4 – Habit 67 [18]

Novamente através de um concurso lançado em 1968 surge o projecto Zip-up House de Richard Rogers (figura 3.5). A casa consistia em dois volumes separados por um pátio ajardinado que estavam sobre uma plataforma assente em pilares metálicos. As fachadas eram constituídas por painéis sandwich com revestimento de alumínio e um núcleo em espuma sintética, sendo acabado com grandes envidraçados. A utilização de janelas semelhantes às dos autocarros, o facto da secção dos volumes ser em forma tubular com os ângulos arredondados, o uso de cabos de aço para suportar as cargas da cobertura, a utilização de pilares telescópicos de forma a poder-se adaptar a diferentes tipos de terreno e topografias e o facto das divisórias interiores serem movidas por sistemas pneumáticos, aumentavam o número de inovações da habitação. Apesar da altura em que foi criada, esta habitação apresentava já inúmeras preocupações ambientais com a utilização de painéis fotovoltaicos, protecções solares, turbinas eólicas e até a existência de um carro eléctrico recarregável pela sua ligação à casa.



Fig. 3.5 – Zip-up House [19]

Em resposta a um concurso lançado pela revista *Canadian Homes*, em 1969, para a construção de habitações pré-fabricadas, a maior empresa de aço a Barton Myers Associates apresentou um sistema modular baseado numa grelha de 3,6 m x 3,6 m. A estrutura era composta por 4 pilares de aço sobre os quais se colocavam vigas metálicas dispostas em duas direcções. As fachadas e as divisórias interiores, eram feitas em painéis sandwich de 0,9 m x 3,6 m, com portas, janelas, instalações sanitárias e outros embutidos. As duas faces dos painéis eram constituídas por chapas de aço pintadas, com revestimento plástico e o seu interior era composto por isolamento térmico de poliuretano, estes eram ligados à estrutura através de âncoras de velcro industrial e eram fechados utilizando uma junta elástica de neopreno. [15]

No Japão, o arquitecto Japonês Kisho Kurokawa, em 1972, projectou o Nagakin Capsule Tower. O edifício constituído por 140 pequenos quartos de hotel realizados em betão armado pré-fabricado, concebidas como pequenos volumes, para que a sua reabilitação/renovação fosse possível ao longo dos anos, estão ligadas a um núcleo central de instalações e circulações verticais realizadas em betão armado feito “in situ”. Os módulos eram totalmente realizados em fábrica e chegavam à zona de construção já com os interiores acabados. Em obra eram içados para a sua posição, com o auxílio de uma grua, e ligados à estrutura principal por ancoragens metálicas. O objectivo pretendido por Kurokawa de reabilitar ao longo dos anos os módulos não foi efectuado, estando, por isso, o hotel em más condições tendo mesmo sido proposta a sua demolição. [15]

A Modular House é uma casa pré-fabricada resultante da combinação de células simples formadas por módulos três dimensionais de dimensões de 2,50 a 3,50 metros largura, e de 6 a 12 metros de comprimento. Os módulos usam material leve e chegam quase finalizados ao estaleiro, onde apenas é necessária a ligação dos módulos, às fundações, às instalações e entre os vários módulos.

Já mais recentemente, na utilização de pré-fabricação na construção de habitações, temos a SIPS (Structural Insulated Panels), que utilizava painéis com alguma resistência estrutural formados por um núcleo isolante de espuma sintética e revestidos por duas chapas de OSB ou contraplacado, fixados com uma espessura até 150 mm. O sistema SIPS tem uma grande capacidade mecânica devido ao comportamento homogéneo das três camadas dos painéis, entre as quais se formam tensões tangenciais que aumentam a sua rigidez e consequentemente a resistência às cargas verticais. O corte em fábrica permite ter painéis de grandes dimensões que são posteriormente transportados para obra e são fixados através de juntas mecânicas. A face exterior dos painéis pode ser pintada, ou então colocado um tipo de revestimento à escolha do proprietário.

As Flat Pack House inglesas têm uma estrutura de vigas e pilares de madeira de carvalho verde pré-fabricada à medida de cada projecto. A utilização de programas de desenho assistido por computador CAD/CAM permite que as máquinas fabriquem peças completamente diferentes alterando apenas os arquivos informáticos. As paredes são feitas em painéis SIPS não estruturais. A grande evolução é a utilização de desenho assistido por computador, que até há uns anos atrás não era possível, com a utilização destas ferramentas alterou-se radicalmente a produção em série e as linhas de montagem, ultrapassou-se as limitações ligadas à necessidade de standardização, visto ser possível alterar a produção de peças sem dificuldade, e permitiu que a pré-fabricação se adaptasse rapidamente aos produtos pedidos.

O sistema construtivo da Space4 House, produzida em Inglaterra, é formado por paredes, coberturas e pavimentos pré-fabricados, que incluem isolamento térmico, instalações e carpintaria. Não é uma inovação, porém o facto de utilizar tecnologia CAD/CAM trouxe grande automatismo e flexibilidade na produção. Dentro de alguns limites este sistema é capaz de personalizar cada habitação sem necessidades de interrupções no sistema produtivo, podendo atingir cerca de 5.500 casas por ano,

valor só comparável com algumas fábricas japonesas. O projecto Space4 House mostra como é possível através de aplicações informáticas e robótica, obter-se uma resposta construtiva para qualquer necessidade arquitectónica e com grande rapidez.

O Japão é o expoente máximo na utilização da pré-fabricação automatizada, onde cerca de 12000 casas personalizadas são fabricadas através dos sistemas Daiwa, National Panahome, Sekisui House, Misawa e outros. A linha de produção é normalmente a seguinte, numa primeira fase o corte, dobragem, montagem, fixação, perfuração, etc, dos vários painéis, que em seguida recebem a carpintaria, ferragens, acessórios, etc, numa segunda cadeia de montagem em que apenas há homens a controlar. Os painéis são devidamente identificados, com um código, e agrupados para serem enviados. Normalmente o transporte até ao local de implantação é de quatro semanas e são precisos trinta dias para montar a habitação. O sistema construtivo é semelhante a muitos casos referidos anteriormente, temos paredes de estrutura de chapa de aço galvanizado, isolamento térmico sintético e madeira. [15]

Aqui foram dados apenas exemplos da utilização da pré-fabricação em habitações, porém existem construções de maior dimensão em que se utiliza este tipo de sistema construtivo, sejam elas obras-de-arte, barragens, parques de estacionamento ou edifícios de complexidade elevada. Mas devido ao facto desta tese ser sobre estratégias de reabilitação térmica aplicadas a bairros sociais, achou-se mais importante fazer referências as utilizações da pré-fabricação na construção de habitações.

3.4. SITUAÇÃO DA PRÉ-FABRICAÇÃO EM PORTUGAL

Em Portugal a utilização da pré-fabricação na construção, ainda não tem tanto significado como o registado em outros países da Europa e do resto do Mundo. Um dos principais entraves para que a pré-fabricação seja implementada, é o facto da mão-de-obra em Portugal ser de baixo custo, o que faz com que grande parte das construtoras não tenha interesse em investir em mão-de-obra especializada e nas tecnologias necessárias para executar a pré-fabricação, que necessita de ter grande rigor tanto em fase de projecto como na fase de execução. Existe ainda o facto de haver uma tendência para os arquitectos procurarem fazer, para cada edifício que projectam, uma obra singular, em detrimento de procurarem projectar numa óptica de repetições de processos construtivos, o que dificulta a utilização da pré-fabricação, que para ser rentável necessita de uma quantidade mínima de elementos iguais a fabricar, e vá fazendo com que esta não consiga se impor em Portugal onde cada projectista procura deixar um cunho pessoal em cada obra que projecta.

Porém, mesmo devido a estes factos ainda se encontram em Portugal algumas obras em que se verifica a utilização da pré-fabricação, na sua maioria parcial. É possível ainda identificar algumas empresas que se especializaram na construção pré-fabricada, o que mostra que apesar dos entraves colocados, ainda existe quem veja na pré-fabricação uma mais-valia, para a construção em Portugal, podendo fornecer uma construção de maior qualidade, de baixo custo e de execução rápida.

Como já foi referido, para que a pré-fabricação seja viável na construção, é necessário que existam um determinado número de elementos iguais a ser fabricados, por isso, a pré-fabricação tem grandes potencialidades em obras de grande complexidade e em obras em que existe um conjunto de edifícios com as mesmas características, como é o caso dos bairros sociais.

A construção do Bairro de Alvalade é um dos primeiros exemplos da utilização da pré-fabricação parcial em Portugal, nesta construção foram utilizados degraus pré-fabricados na constituição das escadas, foram ainda executados alguns guarnecimentos para vãos exteriores e reuniu-se a execução de carpintarias de limpos, em encomendas de certa importância, com o objectivo de fomentar a sua

fabricação em série. Ainda em Lisboa existiu uma empresa que recorria fortemente à pré-fabricação, responsável pela construção de diversas torres, em Miraflores, junto à Ribeira de Algés, porém acabou por falir após o 25 de Abril de 1974. [10] / [20]

O material mais utilizado em Portugal nos processos de pré-fabricação é o betão armado, pois utilizando elementos pré-fabricados de betão armado diminui-se o custo global de obra, associado ao facto da diminuição de tempo passado em obra; às menores necessidades de cofragem e escoramentos no processo construtivo; à segurança durante a construção; ao menor impacto em termos de ambiente.

Na construção civil, em Portugal, para além das cascas de betão pré-esforçado, das telhas metálicas auto-portantes, dos painéis de fachada de betão pré-fabricados, pouco mais resta de pré-fabricação para construção civil, do que a execução de vigotas pré-esforçadas para lajes aligeiradas, bem como das varas e ripas, também pré-esforçadas, para estruturas de cobertura.

Esta tecnologia também tem sido utilizada em Edifícios Industriais, em que são utilizadas vigas pré-fabricadas de secção variável, que permite vencer vãos de grande comprimento, com um pé-direito variável consoante as necessidades do cliente. São também frequentemente utilizadas lajes alveolares. O recurso a estas lajes também encontra utilização em parques de estacionamento.

Um edifício em que também se utilizou a pré-fabricação, é o edifício transparente no Porto, que recorreu a uma solução de fachadas “transparentes” constituídas por molduras pré-fabricadas em betão branco e vidro temperado. Devido a condicionantes estruturais, estas molduras foram produzidas com aros metálicos a envolver o betão armado. Como estas fachadas são independentes e afastadas da estrutura do edifício, foi necessário utilizar uma solução de fixação com chumbadores metálicos às lajes. Por sua vez, os panos de vidro foram solidarizados à estrutura através de pequenos pinos em aço inox.

O sistema de fachadas pré-fabricadas em painéis de betão foi utilizado no edifício Sony, em que os painéis de betão foram produzidos já com revestimento de pedra natural. A fixação da pedra ao betão foi feita recorrendo a grampos inox, que tolera ligeiros movimentos diferenciais dos materiais aquando da betonagem e vibração dos pré-fabricados. Concebeu-se ainda uma solução para que a pedra não estivesse em contacto com o betão, garantindo assim uma separação física entre os dois materiais evitando-se que houvesse retenção de humidade no tardo da pedra.

No Centro Comercial Colombo em Lisboa, foram utilizados na sua estrutura, pilares, vigas e bordadura de lajes em betão reforçado com fibras de vidro. Foi necessário desenvolver um elevado número de peças com formas complexas e sistemas de fixação distintos, e por se tratar do interior do edifício não foi possível executar painéis de betão armado. Por isso, optou-se pela utilização de pré-fabricados leves em betão reforçado com fibra de vidro. [21]

Para a construção de edifícios habitacionais em altura existe um sistema que recorre à pré-fabricação dos elementos estruturais, do tamponamento e dos quartos de banho e cozinhas. O sistema é constituído por um conjunto de elementos leves, facilmente integráveis entre si, que permitem ao construtor formar horizontal e verticalmente toda a estrutura do edifício. Os elementos estruturais pré-fabricados consistem em pilares, vigas e pré-lajes em betão. Este método permite uma redução de custos finais, facilidade de transporte, rapidez de montagem, optimização dos prazos de execução e total controlo da qualidade final.

Também foi desenvolvido uma técnica que recorre a painéis de betão reforçado com fibra de vidro para a colocação nas fachadas da habitação. Estes painéis têm como principais características a impermeabilidade, incombustibilidade e elevada durabilidade, além disso tem ainda uma grande moldabilidade que facilita a sua aplicação. [22]

No casino da Póvoa, situado na Póvoa do Varzim, todo o seu alçado foi produzido em pré-fabricados com ancoragens especiais. O centro comercial Dolce Vita Tejo, na Amadora, também foi construído utilizando vários materiais pré-fabricados de betão. A urbanização de Luxo, em Lisboa, Alto de Moinhos é um exemplo da aplicação de variados elementos pré-fabricados para incorporação no interior e alçados.

Foram dados inúmeros exemplos da aplicação da pré-fabricação em Portugal, no entanto percebe-se que a pré-fabricação ainda não é uma indústria muito desenvolvida em Portugal, estando na maioria das situações associada a métodos de construção tradicional. Ainda assim, acredita-se que a hipótese de utilização de painéis pré-fabricados na construção portuguesa é uma realidade, e que a indústria nacional seria capaz de dar resposta às necessidades. Caso não houvesse a capacidade de fabricação destes painéis em Portugal, era possível, à partida, excluir esta solução como viável pois os custos de fabricação fora do país e consequente aumento de custos de transporte, iam aumentar em muito o preço final da solução.

3.5.O ANNEX 50

3.5.1. ÂMBITO E OBJECTIVOS

O Annex 50 foi um programa criado pela Agência Internacional de Energia, com a parceria de várias entidades de diferentes países europeus, são eles: Portugal, Áustria, Bélgica, França, Dinamarca, Suíça, Suécia, Alemanha e República Checa. O programa pretendia desenvolver e analisar a viabilidade da utilização de sistemas pré-fabricados na reabilitação de edifícios de forma a melhorar a sua eficiência energética e aumentar o seu conforto.

O programa foi dividido em cinco subtarefas, a sub-tarefa A, B, C, D e E. Na sub-tarefa A pretendia-se desenvolver todo o conceito da renovação do edifício e quais as consequências resultantes da reabilitação. Nesta fase analisaram-se os mercados para perceber quais são as suas necessidades, também foram definidas intervenções-tipo de forma a agrupar edifícios com o mesmo tipo de características e necessidades de reabilitação, tornando assim mais fácil a análise das soluções e podendo-se desenvolver edifícios tipos que englobam todas as construções de características semelhantes. Foram realizados inúmeros protótipos, para que as soluções fossem optimizadas e correspondessem às exigências que se pretendiam obter. A sub-tarefa A foi ainda responsável por fornecer as especificações para as tarefas seguintes, ou seja, para as subtarefas B, C, D e pretendia garantir que as equipas especializadas nas restantes tarefas trabalhassem de forma coordenada.

A sub-tarefa B foi responsável pelo desenvolvimento de um sistema para a reabilitação dos telhados, este elemento é de grande importância para todo o conceito de renovação, fornecendo um novo espaço no telhado e onde se vai incluir os novos sistemas de AVAC e de sistemas solares. O seu design foi focado na utilização da pré-fabricação, na optimização de custos e na rapidez de construção.

Os sistemas de climatização e energia solar foram da responsabilidade da sub-tarefa C. Neste ponto pretendia-se substituir os sistemas de aquecimento existentes, que na maior parte são de grande dimensão e ineficientes. Ainda através das fachadas desenvolvidas na sub-tarefa D o sistema irá cobrir as necessidades de aquecimento e fornecer uma ventilação controlada.

Os objectivos de design destes sistemas era conseguir um telhado altamente integrado e um sistema modular que incluísse o uso de energia solar (térmica e/ou PV), aquecimento, refrigeração, ventilação, aquecimento e recuperação de água quente. Os trabalhos nesta sub-tarefa incluíram a optimização dos sistemas e dos componentes, produção e instalação durante a pré-fabricação dos elementos do telhado e os testes de desempenho.

Na sub-tarefa D pretendia-se que se fizesse o desenvolvimento e demonstração de elementos de grandes dimensões pré-fabricados para fachadas, incluindo janelas, isolamento das paredes opacas e sistemas integrados para aquecimento, arrefecimento e ventilação. Este conceito iria permitir uma rápida construção pelo exterior com o mínimo de perturbação para os moradores.

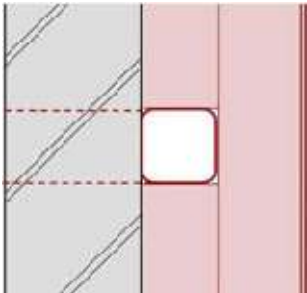
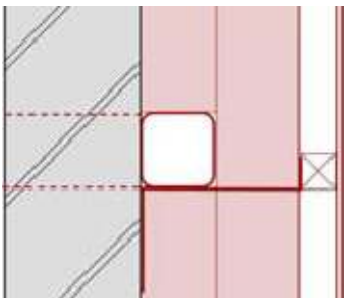
Os principais desafios desta sub-tarefa foram a optimização da instalação de ductos e desenvolver um novo design para as janelas, que conseguisse reduzir as pontes térmicas e optimizasse a utilização de iluminação natural e o sombreamento. No caso da existência de varandas antigas que causem pontes térmicas um grande desenvolvimento seria, conseguir tirar partido destas para serem convertidas em espaços solares ou então uma extensão dos compartimentos existentes.

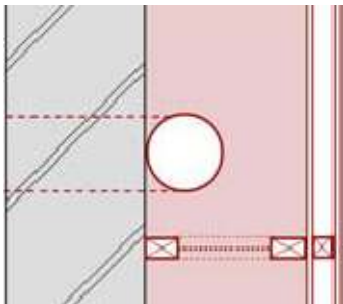
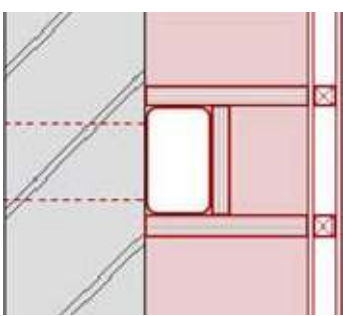
A última sub-tarefa, a sub-tarefa E, foi responsável pela monitorização dos projectos concluídos de forma a perceber, qual o conforto térmico atingido pela renovação, análise dos custos associados às soluções finais e qual o grau de satisfação dos moradores e proprietários dos edifícios sujeitos à renovação. Teve ainda a seu encargo, a divulgação do programa entre os designers e os proprietários dos edifícios.

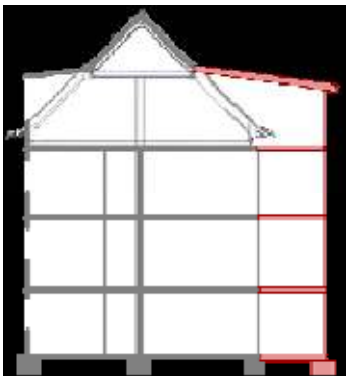

3.5.2. TIPO DE SOLUÇÕES PROPOSTAS

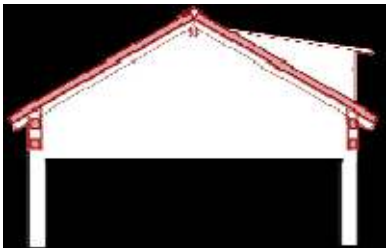

O Annex 50 propôs um conjunto de características que os módulos para as fachadas, telhados, sótãos, sistemas integrados de aquecimento, energia solar e ventilação, devem ter para que sejam atingidos os objectivos proposto. Em seguida apresenta-se a tabela com a descrição dos tipos de módulos considerados pelo programa.



Quadro 3.1 – Módulos propostos pelo programa Annex 50


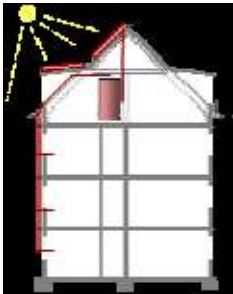

Módulo	Descrição	Especificações
<p>F1 – Isolamento de fachadas compacto (tipo ETICS)</p> 	<p>Isolamento compacto pode ser utilizado poliestireno ou lã mineral, o revestimento é feito com gesso.</p> <p>A pré-fabricação passará pela colocação de canalizações e condutas, e janelas com isolamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de U - Robustez Mecânica - Resistência ao Fogo - Integração de canalizações e condutas - Existência de janelas de secção vertical/horizontal
<p>F2 – Utilização de ventilação no sistema de isolamento da fachada</p> 	<p>Isolamento de lã mineral, associado a espaços de ar ventilado, fixos com o sistema de montagem. O sistema de montagem e o revestimento são pré-fabricados.</p> <p>A pré-fabricação pode incidir sobre a infra-estrutura, integração das tubagens e de janelas com isolamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de U - Resistência ao Fogo - Estanquidade ao ar - Tolerâncias (fachada existente) - Integração de canalizações e condutas - Existência de janelas de secção vertical/horizontal

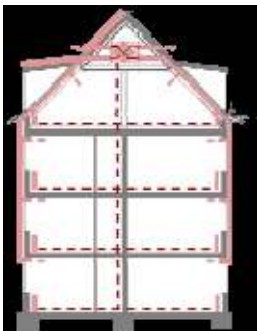
Módulo	Descrição	Especificações
<p>F3 – Revestimento de fachada com isolamento de fibra de celulose</p> 	<p>Colocar isolamento de fibra e utilizar revestimento ventilado. O sistema de montagem permeável ao ar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de U - Resistência ao Fogo - Estanquidade ao ar - Tolerâncias (fachada existente) - Integração de canalizações e condutas - Existência de janelas de secção vertical/horizontal
<p>F4 – Módulo de fachada pré-fabricado</p> 	<p>Lã mineral, isolamento em espuma ou vácuo. Na construção dos módulos ventilados pré-fabricados, o sistema é totalmente pré-fabricado, e inclui a integração de condutas e janelas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de U da fachada opaca - Valor de U das janelas e portas - Resistência ao Fogo - Estanquidade ao ar - Tolerâncias (fachada existente) - Integração de canalizações e condutas - Limitação do transporte (peso, dimensões) - Existência de janelas de secção vertical/horizontal

Módulo	Descrição	Especificações
<p>F5 – Ampliação de espaço</p> 	<p>Construção leve pré-fabricada, adequada para a integração de varandas.</p> <p>Preferencialmente em grandes unidades de vidro, que permitam ser utilizados como extensões das divisões existentes e (no Verão) como espaços abertos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensões - Requisitos de Vidro/abertura - Valor de U da fachada opaca e do vidro - Estanquidade ao ar - Ganhos e protecções solares - Resistência ao fogo - Integração de canalizações e condutas - Permeabilidade ao ar - Facilidade de limpeza das janelas - Interface entre piso e fachada existente - Tolerâncias fachada (piso) - Limitação do transporte (peso, dimensões)
<p>R1 – Isolamento dos elementos de telhados inclinados</p> 	<p>Isolamento de grandes dimensões pré-fabricados para telhado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos estruturais, vãos e cargas - Declive - Valor U – pontes térmicas - Resistência ao fogo - Permeabilidade ao ar - Tolerâncias (estruturas de apoio já existentes) - Integração de canalizações e condutas - Material do telhado existente - Acabamentos internos

Módulo	Descrição	Especificações
<p>R3 – Módulo para sótão com telhado inclinado</p> 	<p>Extensões leves para criação de sótão</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos estruturais, vãos e cargas - Estrutura de Apoio - Declive - Requisitos de espaço - Valor U – pontes térmicas - Resistência ao fogo - Permeabilidade ao ar - Tolerâncias (estruturas de apoio já existentes) - Ligação de canalizações e condutas - Material do telhado existente - Acabamentos internos - Acesso a extensão do telhado -- Limitação do transporte (peso, dimensões)
<p>R8 – Módulo para o tecto do sótão do apartamento</p> 	<p>Soluções pré-fabricadas para criação de novos espaços sótão</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos estruturais, vãos e cargas - Estrutura de Apoio - Requisitos de espaço - Valor U – pontes térmicas - Resistência ao fogo - Permeabilidade ao ar - Tolerâncias (estruturas de apoio já existentes) - Ligação de canalizações e condutas - Material do telhado existente - Acabamentos internos - Acesso a extensão do telhado -- Limitação do transporte (peso, dimensões)

Módulo	Descrição	Especificações
<p>R9 – Módulo para o tecto do sótão do apartamento</p> 	<p>Extensões pré-fabricadas leves para expansão de sótão (terraço)</p> <p>Este espaços pode fornecer: espaços extra; espaço para instalações técnicas; ou ambos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos estruturais, vãos e cargas - Estrutura de Apoio - Requisitos de espaço - Valor U – pontes térmicas - Resistência ao fogo - Permeabilidade ao ar - Tolerâncias (estruturas de apoio já existentes) - Integração de painéis solares - Unidade de tratamento de ar, tanque de armazenamento e de outros sistemas técnicos - Ligação de canalizações e condutas - Material do telhado existente - Acabamentos internos - Acesso a extensão do telhado -- Limitação do transporte (peso, dimensões)
<p>T1 – Sistema de ar centralizado</p> 	<p>Sistema centralizado de ventilação com canalizações inserido nas fachadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade de tratamento de ar (volume de ar, recuperação de calor, pré-aquecimento/refrigeração do ar, barulho) - Requisitos de distribuição de ar - Requisitos de devolução de ar - Requisitos de ruído - Espaço para instalações e para assistência técnica - Resistência ao fogo - Requisitos de controlo

Módulo	Descrição	Especificações
<p>T4 – Pavimento radiante</p> 	<p>Integração no piso de sistemas de aquecimento / refrigeração. Aplicação de aquecimento e refrigeração no tecto é opcional</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Projecto de Instalação / distribuição - Propriedades do sistema de aquecimento - Documentação de Instalação - Medidas tipo de pisos - Ligação em portas /escadas - Protecção contra o ruído
<p>T5 – Sistema de aquecimento de água</p> 	<p>Renovação ou adaptação do sistema existente de água quente, ligado à recuperação de calor (bomba de calor) e/ou do sistema solar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de água - Necessidades de temperatura - Ganhos solares, ganhos de calor - Sistema de reserva - Requisitos de circulação e de distribuição
<p>T6 – Sistema solar integrado</p> 	<p>Integração de colectores solares térmicos no telhado</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Requisitos do sistema solar (ganhos, nível de temperatura, capacidade de armazenamento, uso de água quente, aquecimento de uso) - Requisitos do sistema fotovoltaicos (pico, ganhos anuais) - Requisitos de instrumentação - Orientação dos painéis solares - Dados climáticos - Reservas de aquecimento

Módulo	Descrição	Especificações
<p>T7 – Sistema de controlo</p> 	<p>Instalação de controlo avançado para aquecimento, ventilação, luz</p>	<p>Necessárias funções de controlo de parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aquecimento - Ventilação - Refrigeração - Iluminação / Luz do dia / Protecção solar

4

BASE DE DADOS (BAIRROS SOCIAIS)

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

4.1.1. BAIRROS SOCIAIS DA AMOSTRA

A amostra deste trabalho é feita por Bairros Sociais da cidade do Porto e de Vila Nova de Gaia.

O Bairro Social de Vila Nova de Gaia seleccionado, foi o empreendimento Habitacional da Belavista, devido à facilidade de acesso aos projectos de construção que se encontravam na posse da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no âmbito do projecto SIMEH (Sistema Integrado de Manutenção de Edifícios de Habitação) levado a cabo por solicitação da GaiaSocial, EM.

Os Bairros Sociais do Porto seleccionados para a realização deste estudo foram, escolhidos entre uma amostra já analisada no âmbito de um Protocolo de Colaboração entre a Câmara Municipal do Porto e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Laboratório de Física de Construções, que pretendia que fossem elaborados um conjunto de pareceres sobre a existência de problemas construtivos em diversos Bairros Sociais, que estavam ou foram sujeitos a intervenções de Reabilitação. Aproveitou-se esta amostra por facilidade de acesso aos projectos necessários para a elaboração deste estudo.

Para que o estudo fosse relevante foi escolhida uma amostra de um total sete Bairros Sociais, dentro dos quais foram escolhidos determinados blocos com características diferentes, para que se pudesse estudar todas as possíveis dificuldades na aplicação das técnicas de reabilitação térmica para fachadas, feitas neste estudo.

De modo a mais facilmente serem caracterizados os objectos de estudo, será apresentado um quadro síntese de cada um, acompanhado por desenhos de arquitectura e fotografias do local.

A partir do momento em que se faz a caracterização dos Bairros, deixa de importar o Bairro como sendo um edifício localizado em determinado local e que têm aquelas características, mas passa a ser apenas um edifício tipo que caracterizará todos os edifícios com características construtivas, arquitectónicas e tipo de utilização semelhante. Isto permite que a análise seja mais abrangente e não apenas centrada nos edifícios alvo do estudo.

No quadro 4.1 encontram-se explicitados os nomes dos Bairros Sociais que são estudados neste trabalho.

Quadro 4.1 – Identificação dos Bairros Sociais em estudo

Denominação	Local
Empreendimento Habitacional da Belavista	Vila Nova de Gaia
Bairro de Campinas	Porto
Bairro do Carvalhido	Porto
Bairro de Fernão de Magalhães	Porto
Bairro de Outeiro	Porto
Bairro do Regado	Porto
Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros	Porto

4.1.2. EMPREENDIMENTO HABITACIONAL DA BELAVISTA

O Empreendimento Habitacional da Belavista fica localizado na zona da Madalena em Vila Nova de Gaia, próximo da Rua Adriano Correia de Oliveira. O projecto de construção data do ano de 1996 e é da autoria da já extinta, como entidade independente, Engil Sociedade de Construção Civil, SA. O Empreendimento é composto por três blocos habitacionais com um total de dez entradas de acesso aos apartamentos e um total de 100 fogos distribuídos da seguinte forma, bloco 1 - 40 fogos, bloco 2 e 3 - 30 fogos cada um.

A nível arquitectónico é importante destacar que embora seja composto por três blocos, todos eles são semelhantes, o que é uma mais-valia para a aplicação da reabilitação proposta neste trabalho. Não existem varandas em nenhum dos blocos, a zona da caixa de escada é ligeiramente recuada relativamente à restante fachada. Os blocos são compostos por nove tipos de vãos e os telhados dos edifícios são inclinados.

Quadro 4.2 – Descrição do Empreendimento Habitacional da Belavista (Bloco 1)

Designação	Empreendimento Habitacional da Belavista
Localização	Madalena, Vila Nova de Gaia
Ano de Construção	1996
Número de Blocos	3
Entradas	10
Andares	R/ch+4
Número de Fogos	50 T3 + 50 T2
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Bloco 1	
Entradas	4
Andares	R/ch+4
Número de Fogos	40
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m ²)	950
Alçados Laterais (m ²)	190
Alçado Posterior (m ²)	950
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	14,70
Número de Vãos distintos	8
Tipos de telhado	Inclinado



Fig. 4.1 – Foto das fachadas do Empreendimento e Foto aérea da implantação dos blocos [23]

4.1.3. BAIRRO DE CAMPINAS

O Bairro de Campinas é um bairro de habitação social, situado na freguesia de Ramalde na cidade do Porto, próximo da Avenida de Vasco da Gama.

Este bairro é composto por 31 blocos habitacionais perfazendo um total de 898 fogos. Neste Bairro serão analisados dois blocos tipo, um primeiro bloco referente aos blocos 25, 26 e 31, que é caracterizado pela existência de varandas fechadas, anexas às cozinhas, e pelo facto do alçado principal não estar todo no mesmo plano. Já o outro bloco tipo é caracterizado por no alçado posterior existirem varandas fechadas e na fachada principal existir um acesso vertical em tudo semelhante ao do bloco anterior. Entre os dois blocos existem diferenças nos vãos existentes.

Quadro 4.3 – Descrição do Bairro de Campinas (Bloco 25, 26, 27 e 31)

Designação	Bairro de Campinas
Localização	Bairro de Campinas, Porto
Ano da Requalificação	2007
Número de Blocos	31
Entradas	89
Número de Fogos	898
Bloco 27	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	16
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m ²)	370
Alçado Posterior (m ²)	370
Pé direito (m)	2,65
Altura (m)	11,30
Número de Vãos distintos	7
Tipos de telhado	Inclinado

Bloco 25, 26 e 31	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	24
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	390
Alçados Laterais (m²)	100
Alçado Posterior (m²)	390
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	11,85
Número de Vãos distintos	8
Tipos de telhado	Inclinado



Fig. 4.2 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos. As primeiras fotografias são do bloco 25 e na segunda fila são fotografias do bloco 27 [23]

4.1.4. BAIRRO DO CARVALHIDO

O Bairro do Carvalhido é um bairro de habitação social, localizado na Freguesia de Paranhos na Rua de Sousa Pinto. A Construção do Bairro data do ano 1958.

O Bairro está organizado em 14 blocos (A a O), perfazendo um total de 264 fogos. Os fogos estão distribuídos da seguinte forma, para os blocos A, B, C, D, E, F, G, J, L, N 16 T3 por cada um dos blocos, para os blocos I, H e M 24 fogos, por cada um, e por último o bloco O que tem um total de 32 fogos.

O bloco A é o que vai ser analisado neste bairro, pois é representativo dos restantes blocos que apresentam características semelhantes. A principal característica, que distingue este bairro relativamente aos bairros anteriores, é a existência de comunicações verticais associadas a galerias horizontais, o que faz com que exista um grande número de vãos envidraçados sendo, por isso, a sua análise interessante para este projecto.

Quadro 4.4 – Descrição do Bairro do Carvalhido (Bloco A)

Designação	Bairro do Carvalhido
Localização	Paranhos, Porto
Ano da Requalificação	2006
Número de Blocos	13
Número de Fogos	264
Bloco A	
Entradas	5
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	16 T3
Acesso	Comunicações verticais associadas a galerias horizontais
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	345
Alçados Laterais (m²)	80
Alçado Posterior (m²)	345
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	11,00
Número de Vãos distintos	9
Tipos de telhado	Inclinado



Fig. 4.3 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos [23]

4.1.5. BAIRRO DE FERNÃO DE MAGALHÃES

O Bairro de Fernão de Magalhães é um bairro de habitação social constituído por 346 fogos distribuídos por 18 blocos, que se encontra localizado na freguesia do Bonfim próximo da Rua do Dr. Carlos Passos.

Os blocos de 3 a 7 e de 11 a 18 são constituídos por 16 fogos cada, os blocos 8 e 9 têm um total de 48 fogos distribuídos de igual forma pelos dois e por último os blocos 1, 2 e 10 têm 30 fogos cada um. O bloco que será analisado neste bairro é um bloco tipo que é representativo dos blocos 3, 4, 5, 6 e 7, as principais características deste bloco é a existência de varandas abertas que fazem de galerias de acesso aos apartamentos.

Quadro 4.5 – Descrição do Bairro de Fernão de Magalhães (Bloco 3)

Designação	Bairro de Fernão de Magalhães
Localização	Bonfim, Porto
Ano da Requalificação	2005
Número de Blocos	18
Número de Fogos	346
Bloco 3	
Entradas	1
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	16
Acesso	Comunicação vertical associada a galerias horizontais e acesso directo do exterior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m ²)	285
Alçados Laterais (m ²)	81
Alçado Posterior (m ²)	285
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	10,80
Número de Vãos distintos	3
Tipos de telhado	Inclinado



Fig. 4.4 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos [23]

4.1.6. BAIRRO DE OUTEIRO

O Bairro de Outeiro é um bairro de habitação social constituído por 13 blocos (A a N), que se encontra localizado na freguesia de Paranhos próximo da Rua do Actor Eduardo Dias Brazão.

O Bairro é constituído por 438 fogos organizados da seguinte forma, os blocos A, B, C e H – 24 fogos, D, E e I – 16 fogos, F – 27 fogos, G – 38 fogos, J – 26 fogos, L – 40 fogos, M – 60 fogos, N – 79 fogos. Neste Bairro os blocos, como se podem verificar pela diversificidade de fogos existentes em cada um, são bastantes distintos. Vão ser sujeitos a análise o Bloco A, o Bloco L e o Bloco H que é semelhante a outros cinco blocos do Bairro.

O Bloco L, comparativamente com os outros bairros, tem uma geometria totalmente diferente, visto que a sua área em planta não é semelhante a um rectângulo tal como sucedia em todos os casos anteriores tendo, por isso, grande interesse o seu estudo. Já o Bloco A tem como principal características as galerias horizontais fechadas de acesso aos apartamentos. Por último Bloco H apresenta características semelhantes a bairros já anteriormente falados.

Quadro 4.6 – Descrição do Bairro de Outeiro (Bloco A, H e L)

Designação	Bairro de Outeiro
Localização	Paranhos, Porto
Ano da Requalificação	2005
Número de Blocos	13
Número de Fogos	438
Bloco A	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	24
Acessos	Comunicações verticais associadas a galerias horizontais e acesso directo ao exterior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m ²)	545
Alçado Posterior (m ²)	545
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	11,00
Número de Vãos distintos	7
Tipos de telhado	Inclinado

Bloco H	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	24
Entradas	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	410
Alçados Laterais (m²)	265
Alçado Posterior (m²)	410
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	14,50
Número de Vãos distintos	5
Tipos de telhado	Inclinado
Bloco L	
Entradas	4
Andares	R/Ch+4
Número de Fogos	40
Entradas	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	575
Alçados Laterais (m²)	90
Alçado Posterior (m²)	575
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	11,40
Número de Vãos distintos	9
Tipos de telhado	Inclinado

4.1.7. BAIRRO DO REGADO

O Bairro do Regado é um bairro de habitação social constituído por 722 fogos organizados em 23 blocos, localizado na Freguesia de Paranhos na Rua de Avelar Brotero.

A distribuição dos 722 fogos é feita da seguinte forma pelos diferentes blocos, Bloco 1 – 30 fogos; 2 – 50 fogos; 3, 4 e 12 – 32 fogos; 5 – 45 fogos; 6, 7, 8, 19 e 20 – 16 fogos; 9 – 36 fogos; 10, 22 e 23 – 40 fogos; 11, 14, 15, 16 e 17 – 24 fogos; 13 – 23 fogos; 18 – 31 fogos; 21 – 48 fogos.

O Bloco 19 e um Bloco tipo representativo dos Blocos 14, 15, 16 e 17, vão ser alvos de análise.

Quadro 4.7 – Descrição do Bairro do Regado (Bloco 19 e 14)

Designação	Bairro do Regado
Localização	Paranhos, Porto
Ano da Requalificação	2005
Número de Blocos	23
Número de Fogos	722
Bloco 19	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	16
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	330
Alçados Laterais (m²)	100
Alçado Posterior (m²)	380
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	12,3
Número de Vãos distintos	9
Tipos de telhado	Inclinado

Bloco 14	
Entradas	2
Andares	R/Ch+3
Número de Fogos	24
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	385
Alçado Posterior (m²)	385
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	11,60
Número de Vãos distintos	7
Tipos de telhado	Inclinado



Fig. 4.6 – Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos, sendo as duas primeiras fotos pertencentes ao bloco 14 e a duas seguintes ao bloco 19 [23]

4.1.8. CONJUNTO DE HABITAÇÕES SOCIAIS NA TRAVESSA DE SALGUEIROS

O Conjunto Habitacional da Travessa de Salgueiros é um conjunto habitacional a custos controlados constituído por 40 fogos organizados em 5 blocos (A a E), que se encontra localizado na freguesia de Cedofeita na Travessa de Salgueiros. O Conjunto Habitacional foi construído em 2005 pela empresa FDO – Construções, S.A., sendo o Dono de Obra a DomusSocial, E.M.M.

Os fogos são distribuídos de forma igual pelos 5 blocos, ou seja, cada um dos blocos é constituído por 8 fogos. A principal característica do ponto de vista arquitectónico que torna este bairro diferente de todos os anteriores é o facto de não existirem varandas e todas as suas fachadas serem lisas o que à partida é uma condição propícia à aplicação da solução proposta neste projecto.

Quadro 4.8 – Descrição do Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros

Designação	Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros
Localização	Cedofeita, Porto
Ano da Requalificação	2005
Número de Blocos	5
Número de Fogos	40
Bloco B	
Entradas	1
Andares	R/Ch+4
Acessos	Comunicações verticais com acesso directo ao interior
Características Arquitectónicas	
Áreas (aproximadas)	
Alçado Principal (m²)	372
Alçado Posterior (m²)	372
Pé direito (m)	2,70
Altura (m)	15,48
Número de Vãos distintos	9
Tipos de telhado	Terraço



Fig. 4.7 - Foto das fachadas do Bairro e Foto aérea da implantação dos blocos [23]

5

ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DE MÓDULOS PRÉ-FABRICADOS EM FACHADAS

5.1. MÉTODO DE ANÁLISE DA GEOMETRIA DOS MÓDULOS

5.1.1. DESCRIÇÃO GERAL DO MÉTODO

O objectivo principal deste trabalho é perceber se a arquitectura dos diferentes Bairros permite a aplicação dos módulos proposto pelo Annex 50. Neste caso vai-se estudar a aplicação dos módulos nas várias fachadas dos blocos de cada Bairro, mencionados no capítulo anterior, pois a fachada é a zona que mais dificuldades poderá levantar na aplicação da reabilitação, visto ser onde se encontram um maior número de particularidades, desde vãos até varandas.

Para fazer a análise da aplicação dos módulos, foram utilizados os desenhos de arquitectura dos vários Bairros, disponibilizados pelo Laboratório de Física de Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade Porto, estes foram reproduzidos no programa de desenho automático, o AutoCAD, da Autodesk, Inc.

O estudo da aplicação dos módulos passa por fazer um “puzzle” nas fachadas dos vários blocos, quero com isto dizer, perceber qual a melhor forma de “encaixar” cada um dos módulos para que no fim se obtenha uma trama coesa sem falhas, que não ponha em causa as soluções de reabilitação, e que do ponto de vista arquitectónico seja uma solução que não fique desenquadrada com a envolvente.

Para cada um dos Bairros será feita uma descrição pormenorizada da arquitectura dos seus blocos, para além daquela que foi feita no capítulo anterior, que permita perceber quais as dificuldades que se levantam durante a aplicação dos módulos. Depois de feita a descrição, será apresentada a solução final do “puzzle”, ou seja, os desenhos de arquitectura com os módulos incorporados, e ainda qual o número de módulos diferentes, em geometria, que foram utilizados, para se perceber qual o grau de repetição obtido, factor que influencia os custos associados ao processo de pré-fabricação e à montagem dos módulos em obra.

É ainda preciso ter em consideração que se está a utilizar os desenhos de arquitectura como elemento base para análise, o que pode originar erros, visto que em algumas situações o que está presente no projecto de arquitectura não corresponde à realidade. Exemplo disso é o facto de nem todos os projectos de arquitectura consultados terem os desenhos relativos às fachadas laterais, o que faz com que o estudo esteja limitado nesses casos.

Como não foram feitas medições in-situ, pode-se afirmar que este exercício é meramente teórico e ilustrativo da forma como a análise deveria ser feita, tendo sempre o seu valor de tentar perceber se

realmente as soluções propostas são adequadas para se aplicar no contexto nacional, seja em Bairros Sociais ou em qualquer outro tipo de construção que necessite de uma reabilitação e com características semelhantes às estudadas.

Antes de passar à análise em cada um dos Bairros em estudo, é preciso explicar alguns cuidados genéricos que têm de ser tomados durante a análise da aplicação das soluções de reabilitação. Em todos os Bairros, é necessário tentar identificar em que locais se encontram os elementos estruturais do edifício (lajes e pilares), visto que será nesses elementos que o sistema de fixação dos módulos deverá ser colocado, pois caso isso não aconteça e os sistemas de fixação sejam colocados em outro local, existe o risco de toda a estrutura dos módulos colapsar, pois os restantes elementos da fachada não a têm rigidez suficiente para suportar os novos elementos.

Em alguns dos desenhos de arquitectura, sobre o qual se vai fazer o estudo, não está evidenciado o local em que se encontram os elementos estruturais, nestes casos será necessário fazer uma consideração da previsível localização destes. No caso de se pretender fazer a reabilitação do edifício e de ser solicitado um estudo de viabilidade da aplicação deste método, será sempre necessário e obrigatório a consulta dos projectos de estrutura, para se perceber efectivamente a localização dos elementos estruturais.

Outro aspecto em comum a que é preciso ter especial cuidado durante a análise, é perceber qual a geometria dos vários vãos existentes, e qual o seu funcionamento, pois uma das propostas do Annex 50 engloba a existência de módulos em que estão integrados vãos envidraçados, que possam substituir os existentes.

Nas situações em que existem zonas de comunicação vertical comum aos vários apartamentos abertas para o exterior, pode-se optar por duas soluções, ou recorre-se a módulos envidraçados que encerram toda a área aberta, ou aplicam-se módulos ao longo das paredes que estão em contacto com o espaço aberto. Qualquer uma das duas soluções é exequível e ambas trazem os benefícios pretendidos pela reabilitação, ficando apenas ao critério de quem está a estudar o caso.

No caso de vãos envidraçados que contêm protecções, como por exemplo guardas de ferro, considera-se que essas protecções podem ser retiradas, situação que se verifica em todos ou quase todas as situações, visto que normalmente estas guardas encontram-se apenas aparafusadas a fachada sendo por isso facilmente retiradas. O facto de se poder retirar as protecções faz com que durante a colocação dos módulos, não sejam necessários cuidados particulares devido a esta situação.

Nas fachadas dos vários Bairros é possível encontrar tubos de queda, é por isso necessário ter em conta a integração destes tubos nos módulos pré-fabricados. Para além de que a exclusão dos tubos de queda seria um erro muito grave do ponto de vista do escoamento das águas.

Explicados os pontos genéricos do método de análise da aplicação da reabilitação, é possível passar a fazer o estudo em cada um dos Bairros mencionados no capítulo anterior.

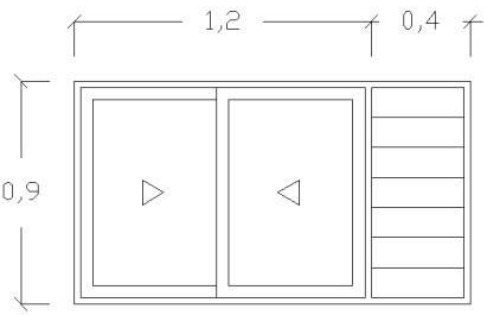
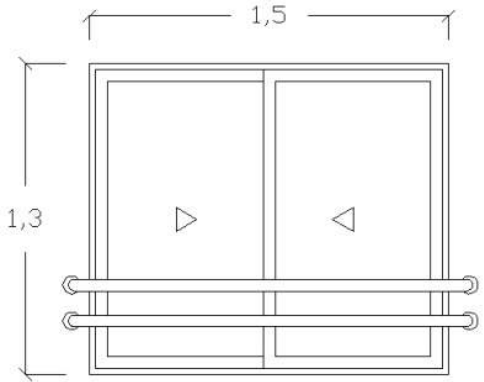
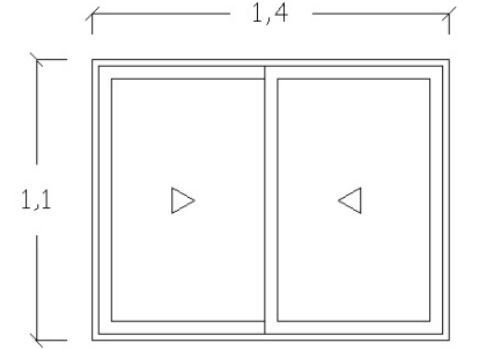
5.1.2. EMPREENDIMENTO HABITACIONAL DA BELAVISTA

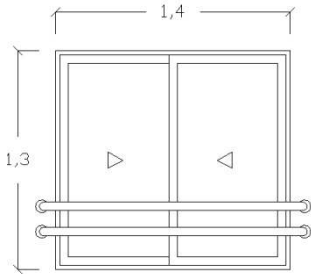
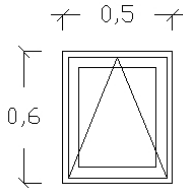
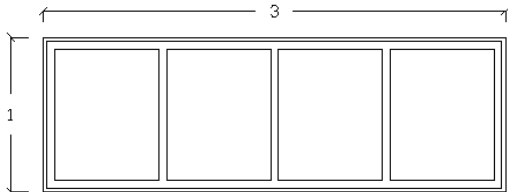
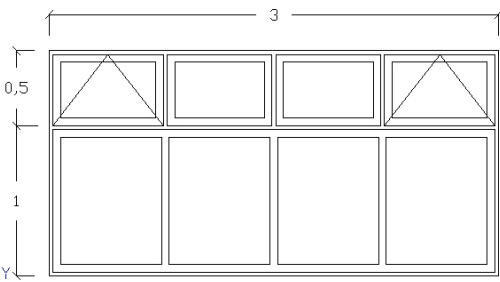
5.1.2.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

O empreendimento da Belavista, como já foi referido, é constituído por três blocos sendo que todos eles são semelhantes. O bloco que será sujeito a análise será o bloco 1 (o bloco encontra-se identificado na figura 4.1), este é composto por quatro entradas que permitem dividir a totalidade do bloco em quatro blocos mais pequenos, facilitando o processo de análise.

Fazendo a divisão, pode-se verificar que os quatro blocos são muito semelhantes tanto em dimensões como na quantidade de vãos que lhe estão associados. Na fachada anterior existem cinco vãos distintos, incluindo o vão associado à porta de entrada, na fachada posterior temos dois tipos de vão diferentes e, por último, nos alçados laterais existe apenas um tipo de vão, fazendo assim um total de oito vãos diferentes em todo o edifício. A geometria dos vãos é dada no quadro 5.1 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.1 – Descrição dos vãos existente no Empreendimento Habitacional da Belavista

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Vão composto por dois tipos distintos de janelas:</p> <p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,2 metros</p> <p>Altura – 0,9 metros</p> <p>Janela de grelha, basculante:</p> <p>Comprimento – 0,4 metros</p> <p>Altura – 0,9 metros</p> <p>Constituído por sete vidros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
2		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,5 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Com guardas de protecção em ferro, que serão retiradas durante a aplicação dos módulos.</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
3		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,4 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
4		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,4 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Com guardas de protecção em ferro, que serão retirada durante a aplicação dos módulos.</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
5		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 0,5 metros</p> <p>Altura – 0,6 metros</p> <p>Localização: fachada lateral</p>
6		<p>Conjunto de quatro janelas fixas:</p> <p>Comprimento – 3,0 metros</p> <p>Altura – 1,0 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
7		<p>Vão composto por dois tipos distintos de janelas:</p> <p>Um conjunto de quatro janelas fixas:</p> <p>Comprimento – 3,0 metros</p> <p>Altura – 1,0 metros</p> <p>Duas janelas basculantes:</p> <p>Comprimento – 0,75 metros</p> <p>Altura – 0,5 metros</p> <p>Duas janelas fixas:</p> <p>Comprimento – 0,75 metros</p> <p>Altura – 0,5 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
8		<p>Vão da entrada do edifício</p> <p>Cinco janelas fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Feita a descrição da geometria e do funcionamento dos vãos, é possível passar à descrição das partes mais relevantes na arquitectura do edifício, os desenhos de arquitectura das várias fachadas encontram-se em anexo A1.

Em primeiro lugar, é necessário definir o local em que se encontram as lajes e os pilares do edifício. As lajes têm cerca de 30 cm de espessura e estão localizadas de 2,40 em 2,40 m de altura, porém na zona das escadas de acesso aos apartamentos a laje encontra-se num nível diferente, na mesma com os 2,40 m de altura entre elas, devido ao facto de a porta de entrada se encontrar a uma cota inferior relativamente ao piso propriamente dito.

Como já foi referido o edifício 1 é composto por quatro entradas, o que possibilita a divisão deste em quatro blocos idênticos é, por isso, apenas necessário referir o local em que se encontram os pilares de um desses blocos para se ficar a perceber onde se encontram os restantes. Interessa começar por dizer que cada um dos blocos é composto por quatro pilares, na fachada principal. Assim sendo, começando a análise da esquerda para a direita do edifício relativamente a quem está a olhar de frente para o alçado principal, temos um pilar no primeiro canto do edifício, os próximos dois pilares encontram-se na zona em que existe a “transição” do plano principal da fachada para o plano recuado da zona de acesso à caixa de escadas, ou seja, encontram-se a 6,05 m do primeiro pilar, e o terceiro está a uma distância de 3 m relativamente ao segundo, por último, o quarto pilar encontra-se a 5,85 m do terceiro. Os pilares que se situam na fachada principal, têm exactamente a mesma posição na fachada posterior.

Nas fachadas laterais existem três pilares, um em cada um dos cantos da fachada e um central, próximo dos vãos envidraçados, estando a uma distância de 6,9 m relativamente ao pilar que faz canto entre a fachada lateral e a fachada principal.

Passando à análise da arquitectura, propriamente dita, ressalta à vista na fachada principal, na zona associada à entrada do edifício, um recuo de 60 cm relativamente ao resto da fachada. O recuo tem uma extensão em largura de três metros e em altura prolonga-se em todo o desenvolvimento do edifício.

Outro factor que poderá ser condicionante da aplicação dos módulos é o facto de na porta de entrada existir uma pala com uma largura de 3,50 m, que caso não seja possível retirar ou então reduzir a sua largura para três metros poderá dificultar a colocação dos módulos nessa zona, podendo obrigar à

utilização de geometrias diferentes das rectangulares ou quadrangulares. Todavia, nesta situação considerou-se que será possível diminuir a largura da pala para três metros.

Por último, antes de se começar a fazer o “puzzle” dos módulos na fachada é necessário analisar todas as distâncias, quero com isto dizer, perceber qual a distância entre vãos, a distância entre vãos e pilares e entre vãos e lajes tanto em altura como em largura, pois só assim se poderá conseguir definir as medidas dos módulos de forma a obter o melhor encaixe possível utilizando o menor número de geometrias diferentes para os módulos.

Começando pela fachada principal, analisando novamente da esquerda para a direita quem está de frente para o edifício, temos uma distância de 1,20 m entre o canto do edifício e o vão com ID 2. A distância entre o vão 2 e o vão 1 é de 1,15 m e a distância entre o vão 2 e a zona da caixa de escadas, em que se encontra o recuo, é de 0,60 m. Já é sabido que a largura da zona recuada é de 3 m. O restante do edifício não é mais do que uma simetria relativamente às medidas obtidas no primeiro troço, havendo variações de pequena ordem de grandeza, ou seja, de valores entre 0,05 e 0,10 m.

Relativamente a distâncias medidas em altura, começando a análise do topo edifício para a parte inferior, temos que a distância entre o topo e os vãos 1 e 2 é de 1,60 m, depois as distâncias sucessivas entre os vãos 1 é de 1,40 m até que na parte inferior do edifício temos 1,00 m de distância entre o vão 1 e a laje do R/Chão. Quanto à distância entre os vãos 2, esta é de 1,80 m e a distância entre o vão 2 e a laje do R/Chão é de 1,40 m. Na zona da caixa de escadas a distância entre o topo do edifício e o vão 7 é de 2,40 m e a distância entre os restantes vãos 6 é de 1,70 m, por último a distância entre o vão 6 e a porta de entrada é de 0,60 m.

As fachadas laterais têm uma largura de 2,70 m e têm apenas uma fiada de vãos 5 a uma distância de 6,90 m do canto entre a fachada lateral e a fachada principal. A distância entre os vãos é de 2,10 m, sendo apenas distinta entre o topo do edifício e o primeiro vão 2 em que a distância é de 1,90 m e entre o vão 2 e a base do edifício onde a distância é de 1,80 m.

Por último, a fachada posterior têm as seguintes medidas, 1,50 m entre o primeiro canto e a primeira fiada de vãos 3, depois as duas fiadas de vãos 3 estão separadas por 1,30 m. Em seguida a distância entre os vãos 3 e os vãos 4 é de 2,10. Em altura as medidas são semelhantes às referidas para a fachada principal.

Todas as medidas referidas estão detalhadas nos desenhos de arquitectura que se encontram em anexo A1. Esta descrição serviu apenas para explicar e perceber, qual o método de raciocínio feito ao longo do processo de análise da arquitectura dos edifícios. Por isso, daqui em diante não será dada uma descrição tão pormenorizada destas dimensões remetendo o leitor para a visualização dos anexos sempre que pretender analisar as medidas utilizadas.

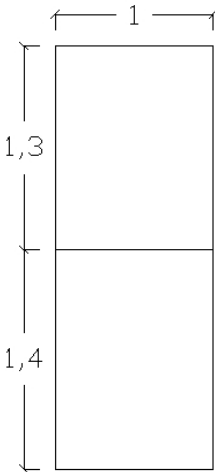
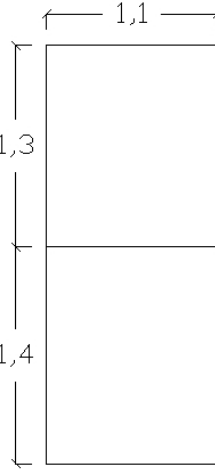
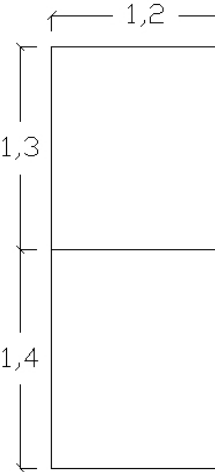
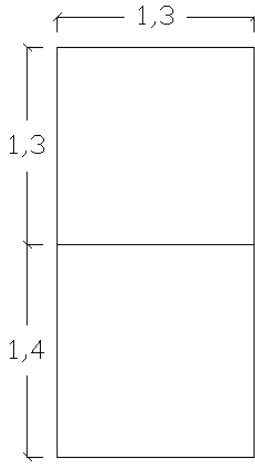
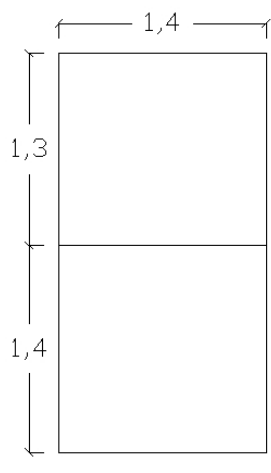
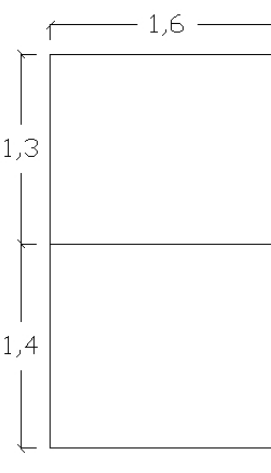
Fica assim concluída a descrição pormenorizada do Empreendimento Habitacional da Belavista, tendo sido mencionadas todas as particularidades que poderiam afectar a aplicação dos módulos pré-fabricados na reabilitação.

5.1.2.2. Aspecto após colocação dos módulos

Depois de se ter analisado todas as particularidades existentes no Empreendimento Habitacional da Belavista, iniciou-se o processo de colocação dos módulos nas fachadas, ou seja, começou-se o “puzzle” de forma a se obter a melhor solução possível para a reabilitação. O processo fez-se de forma iterativa, quero com isto dizer que nem sempre a conjugação dos módulos encontradas numa primeira fase era a mais correcta sendo necessário refazer todo o processo.

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 13 módulos de geometria distinta dos quais 7 incluem janelas, de forma a substituir os vãos existentes, e 6 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.2. e nos desenhos de arquitectura em anexo A1.

Quadro 5.2. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro da Belavista

Esquema dos módulos					
1		2		3	
4		5		6	
Descrição dos Módulos					
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 6 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, não podendo esquecer que neste bairro existem vários blocos idênticos, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de</p>					

módulos iguais:

Módulo 1 – 10 módulos na fachada anterior;

Módulo 2 – 5 módulos na fachada anterior; 15 módulos na fachada lateral;

Módulo 3 – 5 módulos na fachada anterior; 10 módulos na fachada posterior; 35 módulos na fachada lateral

Módulo 4 – 15 módulos na fachada posterior;

Módulo 5 – 10 módulos na fachada posterior;

Módulo 6 – 5 módulos na fachada posterior.

Esquema dos módulos

1		2		3	
4		5			
6		7			

Descrição dos Módulos

O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes, na fachada original.

Estes módulos serão do tipo F4, em que o módulo é totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, não podendo esquecer que neste bairro existem vários blocos idênticos, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 20 módulos na fachada posterior;

Módulo 2 – 10 módulos na fachada posterior;

Módulo 3 – 5 módulos na fachada lateral;

Módulo 4 – 20 módulos na fachada anterior;

Módulo 5 – 2 módulos na fachada anterior;

Módulo 6 – 20 módulos na fachada anterior;

Módulo 7 – 6 módulos na fachada anterior.

5.1.3. BAIRRO DE CAMPINAS

5.1.3.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

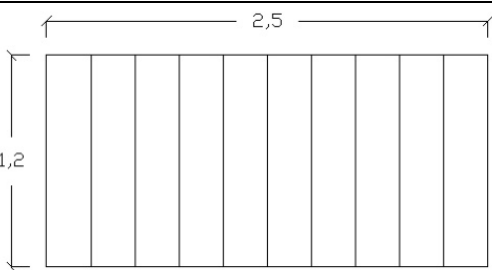
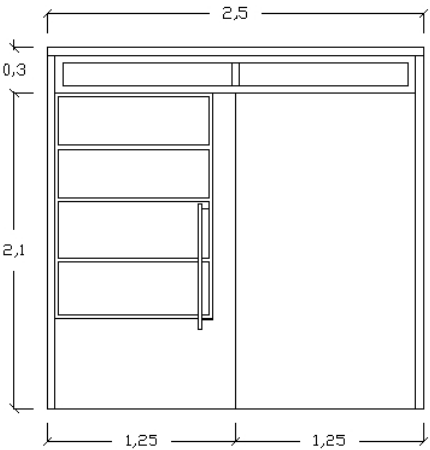
O Bairro de Campinas é composto por 31 blocos habitacionais, como já havia sido referido. Os blocos que vão ser alvo de análise serão um bloco tipo referente aos blocos 25, 26 e 31, que daqui para a frente irá ser identificado como sendo apenas o bloco 25. O outro bloco que será analisado é o bloco 27 (a identificação dos blocos pode ser feita na figura 4.2).

O bloco 27 é composto por duas entradas, que permitem dividir o edifício em dois blocos mais pequenos e semelhantes, que têm como objectivo facilitar o trabalho de análise relativamente à aplicação dos módulos. O bloco 25 é também ele composto por duas entradas e também pode ser dividido em dois blocos mais pequenos, porém neste bloco tanto na fachada anterior e na fachada posterior existem pequenas diferenças quando a localização de uns dos vãos, mas esta situação será analisada mais à frente.

Começando pela descrição dos vãos do bloco 27, na fachada anterior existem cinco vãos diferentes, incluindo o vão associado à porta de entrada e aos envidraçados existentes na zona da caixa de escadas, na fachada posterior existem dois vãos distintos, sendo um deles igual a um que existe na fachada anterior. Neste bloco não foi possível obter os desenhos de arquitectura dos alçados laterais, por isso esta análise não entrará com possíveis vãos existentes nessas fachadas. A geometria dos vãos é dada no quadro 5.3 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

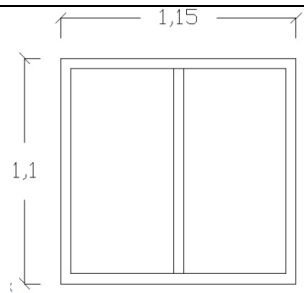
Quadro 5.3. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Campinas - Bloco 27

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,35 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 0,35 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
2		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,35 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 0,4 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
3		<p>Janela de correr dividida em três partes iguais:</p> <p>Comprimento – 2,9 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 2,9 metros</p> <p>Altura – 0,45 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
4		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 0,55 metros</p> <p>Altura – 0,55 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
5		<p>Janela de correr</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior / posterior</p>

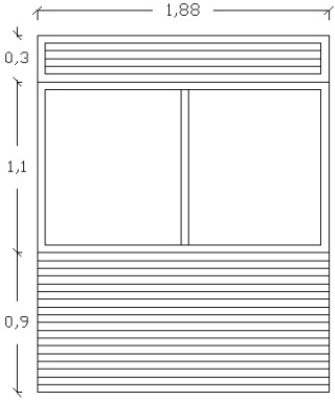
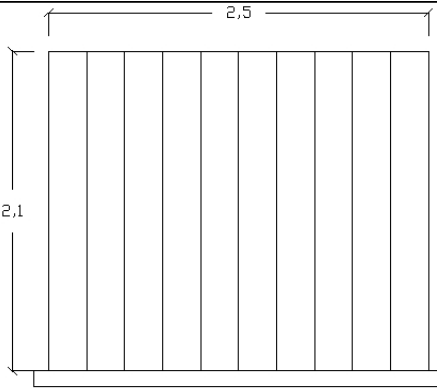
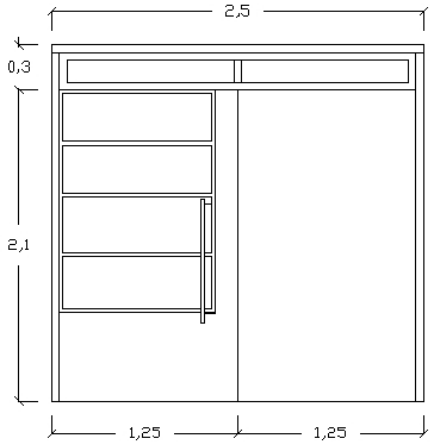
ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
6		<p>Janela fixa:</p> <p>Comprimento – 2,5 metros</p> <p>Altura – 1,2 metros</p> <p>Localização: fachada anterior (zona de caixa de escadas)</p>
7		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>6 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,25 metros</p> <p>Altura – 2,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Feita a descrição dos vãos do bloco 27, passa-se à descrição dos vãos do bloco 25. Na fachada anterior existem cinco vãos diferentes, incluindo o vão associado a porta de entrada e aos envidraçados existentes na zona da caixa de escadas, na fachada posterior existem três vãos distintos, sendo que um deles é igual a um dos existentes na fachada anterior. Por fim na fachada lateral temos dois vãos distintos, e novamente um deles é igual ao existente na fachada anterior, ou seja, temos um total de oito vãos. A geometria dos vãos do bloco 25 é dada no quadro 5.4 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.4. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Campinas – Bloco 25

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,15 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior / posterior / lateral</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
2		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 2,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 2,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
3		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 0.4 metros</p> <p>Altura – 1,2 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
4		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada lateral</p>
5		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 2,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 2,1 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
6		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,88 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação</p> <p>Comprimento – 1,88 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
7		<p>Janela fixa</p> <p>Comprimento – 2,5 metros</p> <p>Altura – 2,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior (zona de caixa de escadas)</p>
8		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>6 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,25 metros</p> <p>Altura – 2,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Feita a descrição da geometria e do funcionamento dos vãos, é possível passar à descrição das partes mais relevantes na arquitectura do edifício. Neste bairro não foi possível ter acesso ao projecto de estruturas, logo não será possível fazer uma descrição correcta quanto à localização dos elementos estruturais. Em anexo A2 encontram-se os desenhos de arquitectura que permitem perceber a constituição.

Começando a descrição pelo Bloco 27, como foi dito não será possível determinar com exactidão a localização dos elementos estruturais. Começando a análise das lajes partindo do topo do edifício até ao piso inferior, a laje de tecto encontra-se a uma distância de 2,65 m imediatamente abaixo, as lajes que se seguem tem entre elas uma distância de 2,60 m. Para o caso dos pilares é mais complicado

determinar a sua localização, no entanto pode-se adivinhar, que estes se encontram nos cantos e na zona central do edifício. A zona central do edifício é a zona de transição entre os dois blocos considerados. Na fachada anterior será considerada a existência de dois pilares nos extremos associados à zona da caixa de escadas. Já na fachada posterior, visto que entre os vãos 5 existentes há uma transição entre dois apartamentos, é provável que na zona intermédia entre esses vãos esteja localizado um pilar. Ainda na mesma fachada, nos extremos dos vãos 3, zona em que existe um pequeno avanço, deverão existir pilares.

Passando à análise da arquitectura propriamente dita, a situação que mais se destaca é o facto da zona da caixa de escadas se encontrar saliente, em relação ao resto da fachada, não é possível determinar qual o avanço pois não se consultou os desenhos de arquitectura dos alçados laterais, mas analisando fotos do local poderá estimar-se que o avanço é de aproximadamente 1,20 m. Ainda relativamente à zona da caixa de escadas há a destacar o facto, de essa zona não estar completamente fechada visto que os vãos envidraçados (vão 6) não a encerram por completo, deixando um espaço aberto de 25 cm. Durante a colocação dos módulos será necessário encerrar esse espaço.

Na fachada posterior, na zona associada aos vãos 3, existe um pequeno avançado, que através de fotos do local, é possível estimar que tenha um valor aproximado de 30 cm. O avanço pertence a uma marquise de apoio à cozinha.

Feita a descrição do bloco 27, pode-se passar à descrição do bloco 25. Relativamente ao bloco 27 a principal diferença existente no bloco 25, é o facto de para além da zona da caixa de escadas estar avançada relativamente à fachada anterior, temos também na zona associada à cozinha uma varanda fechada em toda a sua volumetria que se destaca da restante fachada, o avanço deste espaço é de 1 m. A zona da caixa de escadas é em tudo semelhante à do bloco 27, porém no bloco 25 existe apenas a protecção feita através de um envidraçado, enquanto no bloco 27 existia um envidraçado acompanhado por uma protecção de betão.

No bloco 25 as lajes encontram-se distanciadas umas das outras 2,70 m, exceptuando no R/Chão em que a distância entre a laje do piso térreo e a laje do primeiro piso não ultrapassa os 2,55 m. Existe ainda uma zona no piso térreo que não está associada a qualquer habitação e tem um desenvolvimento em altura de 1,20 m, desde a cota zero até a laje da primeira habitação, neste ponto poderá ser necessário efectuar trabalhos de alisamento de terras, caso o terreno tenha uma inclinação muito elevada.

Ainda relativamente ao bloco 25 é necessário destacar o facto, como já havia sido referido, de que os dois blocos mais pequenos não são exactamente iguais. Na fachada principal no extremo direito existe mais uma fiada de vãos 6. Na fachada principal também do mesmo lado existe mais uma fiada de vãos 1.

Nos dois blocos na porta de entrada existe uma pala, com a largura do vão e que neste caso não deverá levantar problemas durante a aplicação dos módulos.

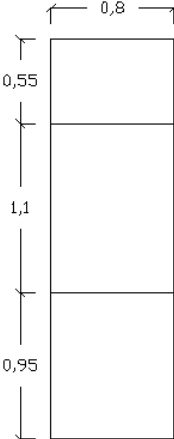
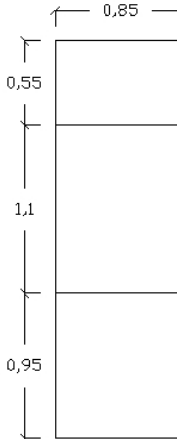
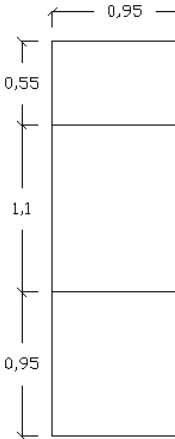
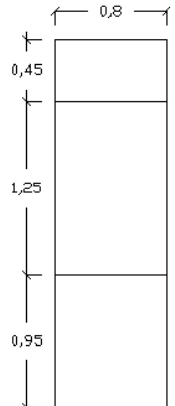
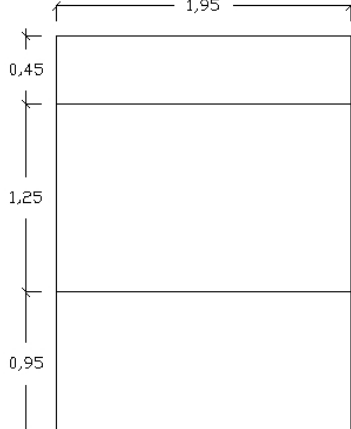
Para os dois blocos as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A2, permitindo assim uma mais fácil visualização e melhor interpretação da arquitectura dos edifícios.

5.1.3.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas do bloco 27, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 13 módulos de geometria distinta dos quais 8 incluem janelas de forma a

substituir os vãos existentes, e 5 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.5 e nos desenhos de arquitectura em anexo A2.

Quadro 5.5. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro de Campinas – Bloco 27

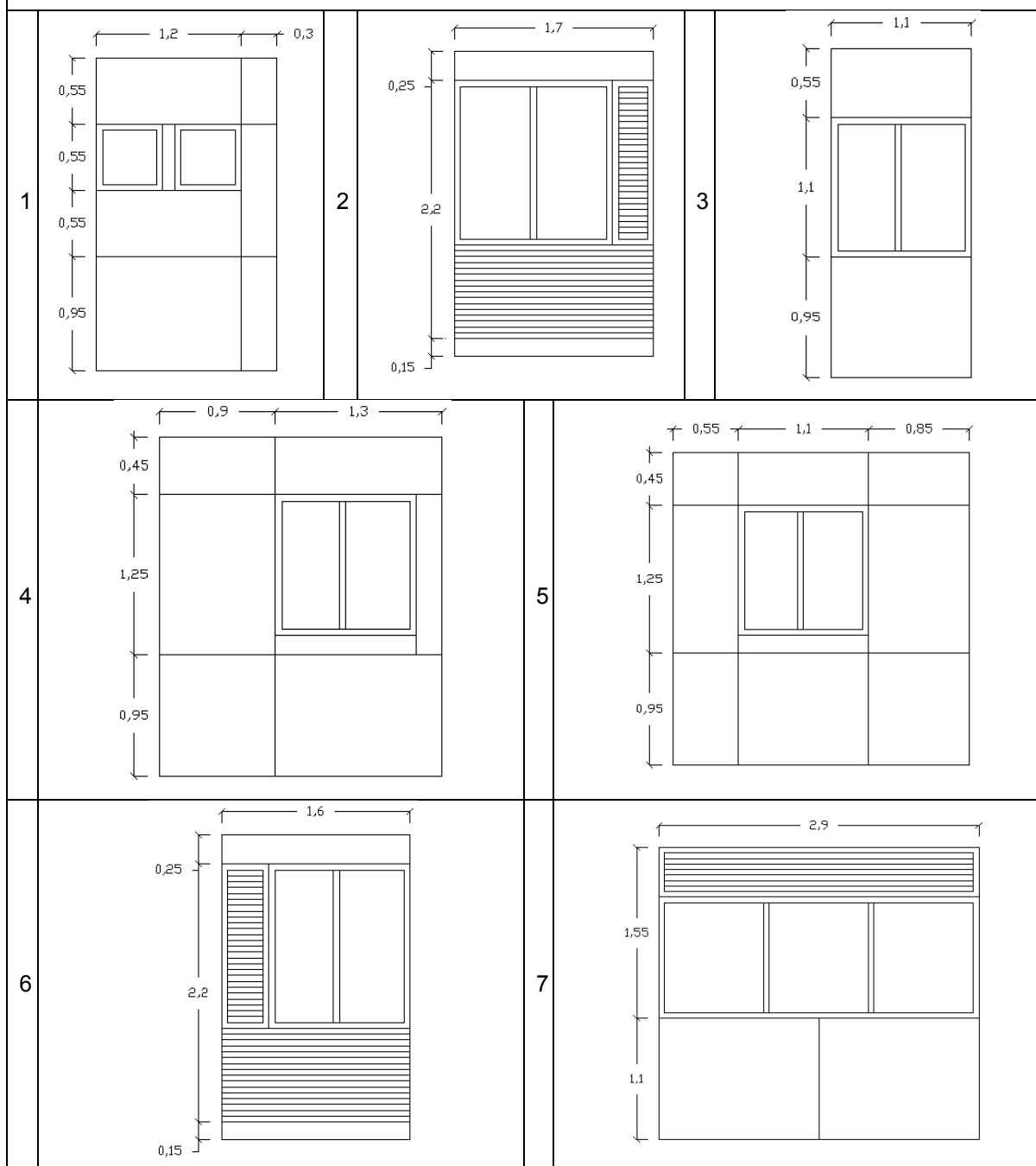
Esquema dos módulos					
1		2		3	
					
4		5			
					
Descrição dos Módulos					
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 5 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 4 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 2 – 28 módulos na fachada anterior;</p>					

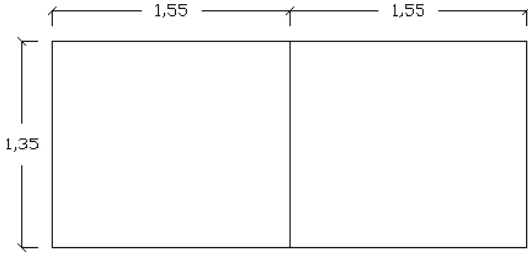
Módulo 3 – 20 módulos na fachada anterior;

Módulo 4 – 16 módulos na fachada posterior;

Módulo 5 – 8 módulos na fachada posterior.

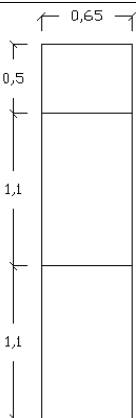

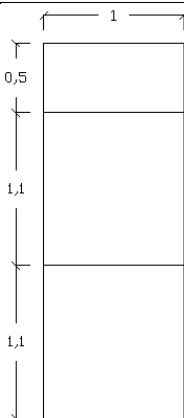
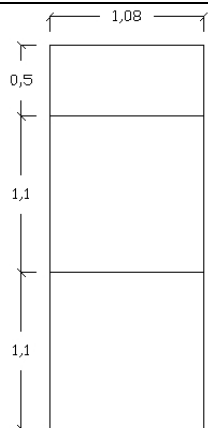
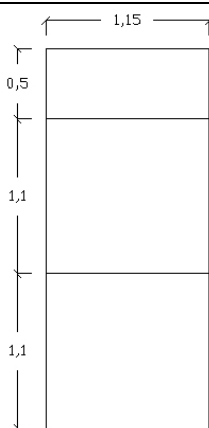
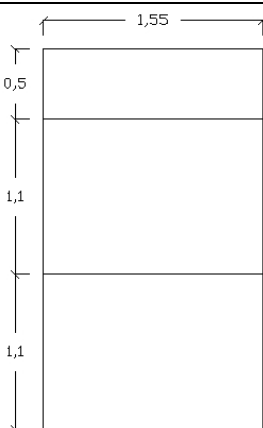
Esquema dos módulos



8	
Descrição dos Módulos	
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Estes módulos serão todos, exceptuando os módulo 8 e 9, do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades</p> <p>Nos módulos 8 e 9, será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 16 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 2 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 3 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 4 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 5 – 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 6 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 7 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 8 – 28 módulos na fachada anterior.</p>	

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas do bloco 25, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 16 módulos de geometria distinta dos quais 10 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes, e 6 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.6 e nos desenhos de arquitectura em anexo A2.

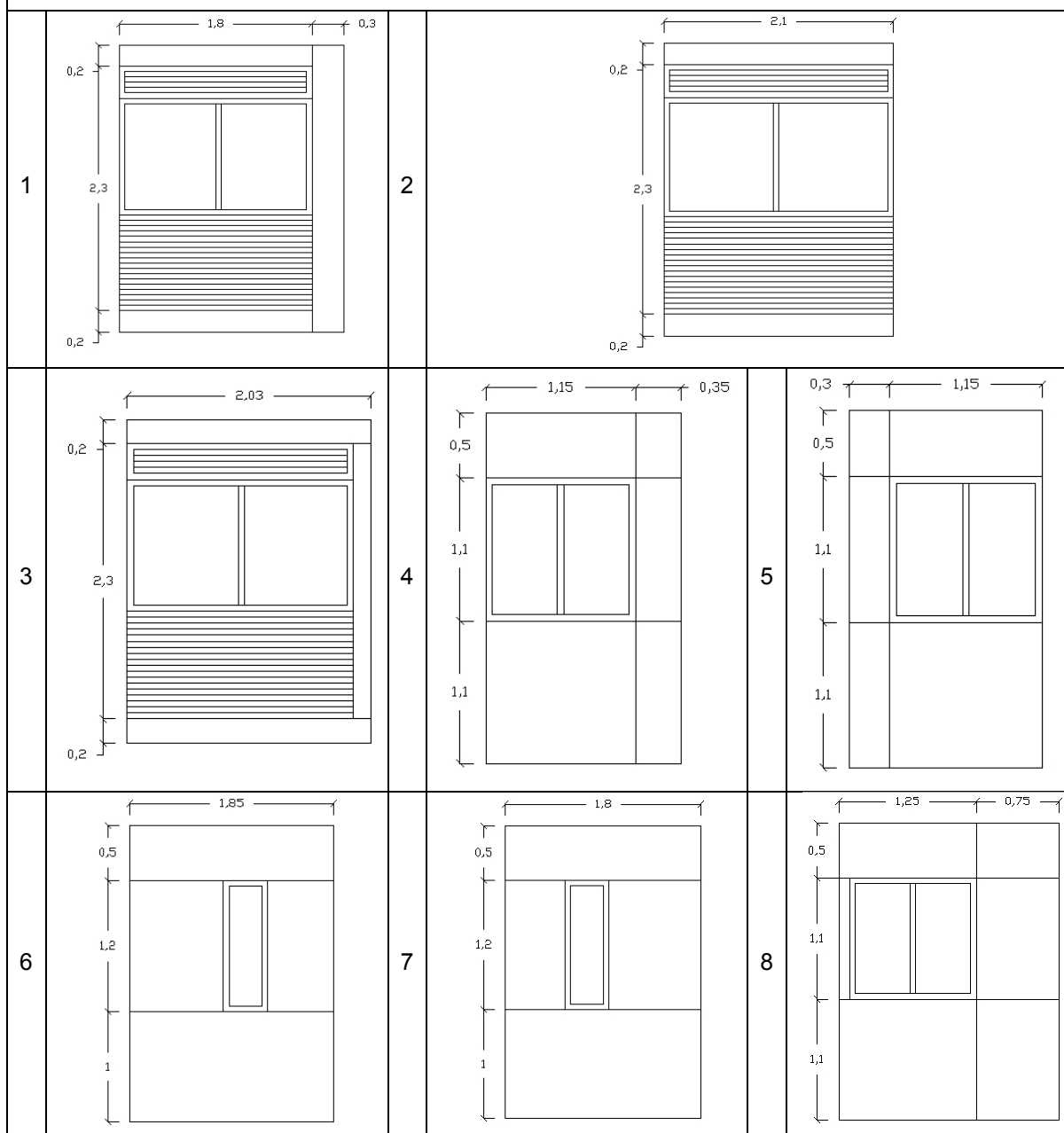
Quadro 5.6. - Esquema dos módulos utilizados no Bairro de Campinas – Bloco 25

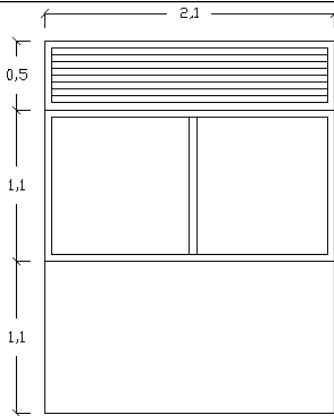
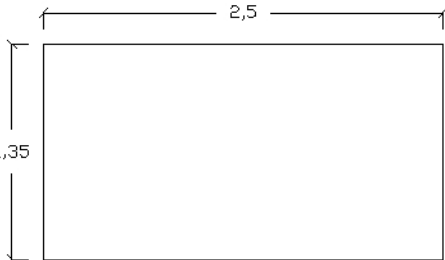
Esquema dos módulos							
1		2		3			
							
Descrição dos Módulos							
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 6 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 12 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 2 – 8 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 3 – 12 módulos na fachada anterior; 8 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior; 16 módulos na fachada posterior;</p>							

Módulo 5 – 16 módulos na fachada posterior;

Módulo 6 – 4 módulos na fachada posterior.

Esquema dos módulos



9		10	
---	---	----	--

Descrição dos Módulos

O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.

Estes módulos serão todos, exceptuando os módulo 9 e 10, do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades

Nos módulos 9 e 10, será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 4 módulos na fachada lateral;

Módulo 2 – 8 módulos na fachada posterior;

Módulo 3 – 12 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 12 módulos na fachada posterior;

Módulo 5 – 16 módulos na fachada posterior;

Módulo 6 – 8 módulos na fachada anterior;

Módulo 7 – 8 módulos na fachada anterior;

Módulo 8 – 12 módulos na fachada anterior; 4 módulos na fachada lateral;

Módulo 9 – 16 módulos na fachada anterior;

Módulo 10 – 14 módulos na fachada anterior.

5.1.4. BAIRRO DO CARVALHIDO

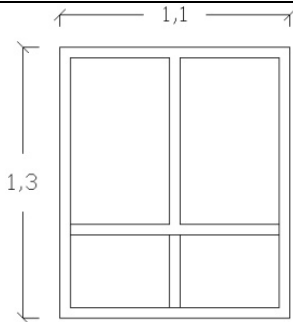
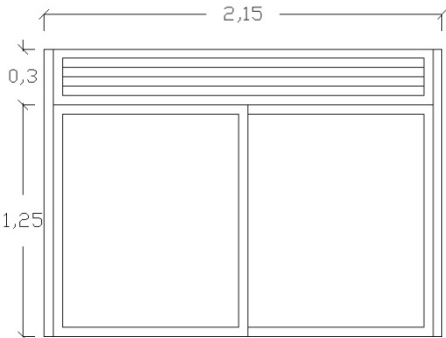
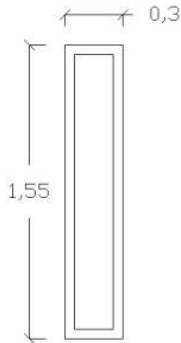
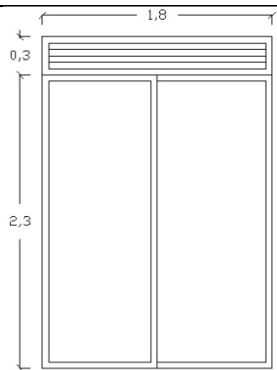
5.1.4.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

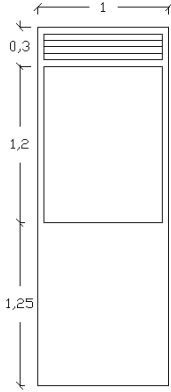
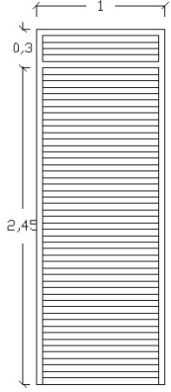
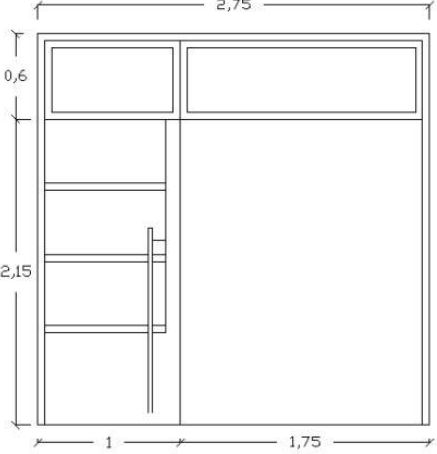
O Bairro do Carvalhido é constituído por treze blocos. O bloco que será sujeito a análise será o bloco A (a identificação do bloco pode ser feita através da figura 4.3), este é composto por um total de cinco entradas, destas de acesso directo a entradas de apartamentos, e uma outra de acesso à zona das escadas, que faz a ligação aos corredores onde se localizam os restantes apartamentos do edifício, por isso, este edifício pode ser dividido em duas partes iguais sendo a zona central dada pela porta de acesso à zona da caixa de escadas.

Depois de se fazer a divisão verifica-se que os dois blocos daí resultantes são simétricos, tendo exactamente as mesmas dimensões e o mesmo número de vãos associados. Neste projecto os desenhos de arquitectura consultados apenas continham o alçado anterior, o alçado lateral e um alçado parcial da fachada posterior, que não foi utilizado visto que não continha toda a informação necessária para verificar a aplicabilidade dos módulos. Analisando a fachada anterior verifica-se que temos oito vãos distintos, incluindo dois vãos das portas de entrada. Analisando o alçado lateral verifica-se que não existem vãos mas permite verificar que na fachada principal existe um avançado que na sua lateral têm um vão associado. A geometria dos vãos é dada no quadro 5.7. onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.7. – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Carvalhido

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,65 metros</p> <p>Altura – 1,25 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,65 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
2		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,45 metros</p> <p>Altura – 1,25 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,45 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada lateral</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
3		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
4		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 2,15 metros</p> <p>Altura – 1,25 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 2,16 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
5		<p>Janela basculante</p> <p>Comprimento – 0,3 metros</p> <p>Altura – 1,55 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
6		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 2,3 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
7		<p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,45 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
8		<p>Porta de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,45 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,75 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
9		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>5 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,15 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Feita a descrição dos vários vãos existentes no bloco pode-se passar à descrição da arquitectura. Neste projecto tal, como no projecto do bairro de Campinas, não foi possível ter acesso ao projecto da estrutura, por isso não se poderá determinar com precisão a localização dos elementos estruturais. Os desenhos de arquitectura, que permitem perceber a constituição das várias fachadas, encontram-se em anexo A3.

Começando a descrição pelos elementos estruturais, considerou-se que as lajes têm desde a laje de tecto até à laje do piso térreo a mesma distância, ou seja, uma distância de 2,75 m. Já para determinar a localização dos pilares o exercício é mais complicado, porém admite-se que existem pilares nos cantos

do edifício, na zona de transição entre a fachada e a zona de varandas existente e na transição entre a fachada e a caixa de escadas.

A principal característica deste bloco é o facto de existir uma varanda, fechada por envidraçados, com um comprimento aproximado de 25 m que se estende em quase todo o comprimento do edifício e que funciona como um corredor comum para acesso aos diferentes apartamentos em cada piso. A varanda na zona da caixa de escadas não está fechada por nenhum envidraçado, ou seja, estando para o exterior sendo apenas protegida por um muro de betão. Na zona dos envidraçados existem umas guardas metálicas, que poderão ser retiradas durante a aplicação dos módulos pré-fabricados. No piso térreo o avançado está todo encerrado, e é constituído pelas várias portas de entrada já referidas anteriormente. O avançado das varandas relativamente à restante fachada é de 1,55 m.

Uma situação a ter em atenção é o facto de a zona da caixa de escadas aberta para o exterior, poderão ser adoptadas duas soluções para a colocação dos módulos, ou se encerra essa zona pelo exterior, ou então aplicam-se módulos na zona interior do edifício na parede junto à caixa de escadas.

Para o bloco as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A3, permitindo assim uma melhor visualização e interpretação da arquitectura dos edifícios.

5.1.4.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 9 módulos de geometria distinta dos quais 7 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes e 2 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.8. e nos desenhos de arquitectura em anexo A3.

Quadro 5.8. – Esquema dos módulos utilizados no Bairro do Carvalhido

Esquema dos módulos	
1	
2	
Descrição dos Módulos	
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a</p>	

montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.

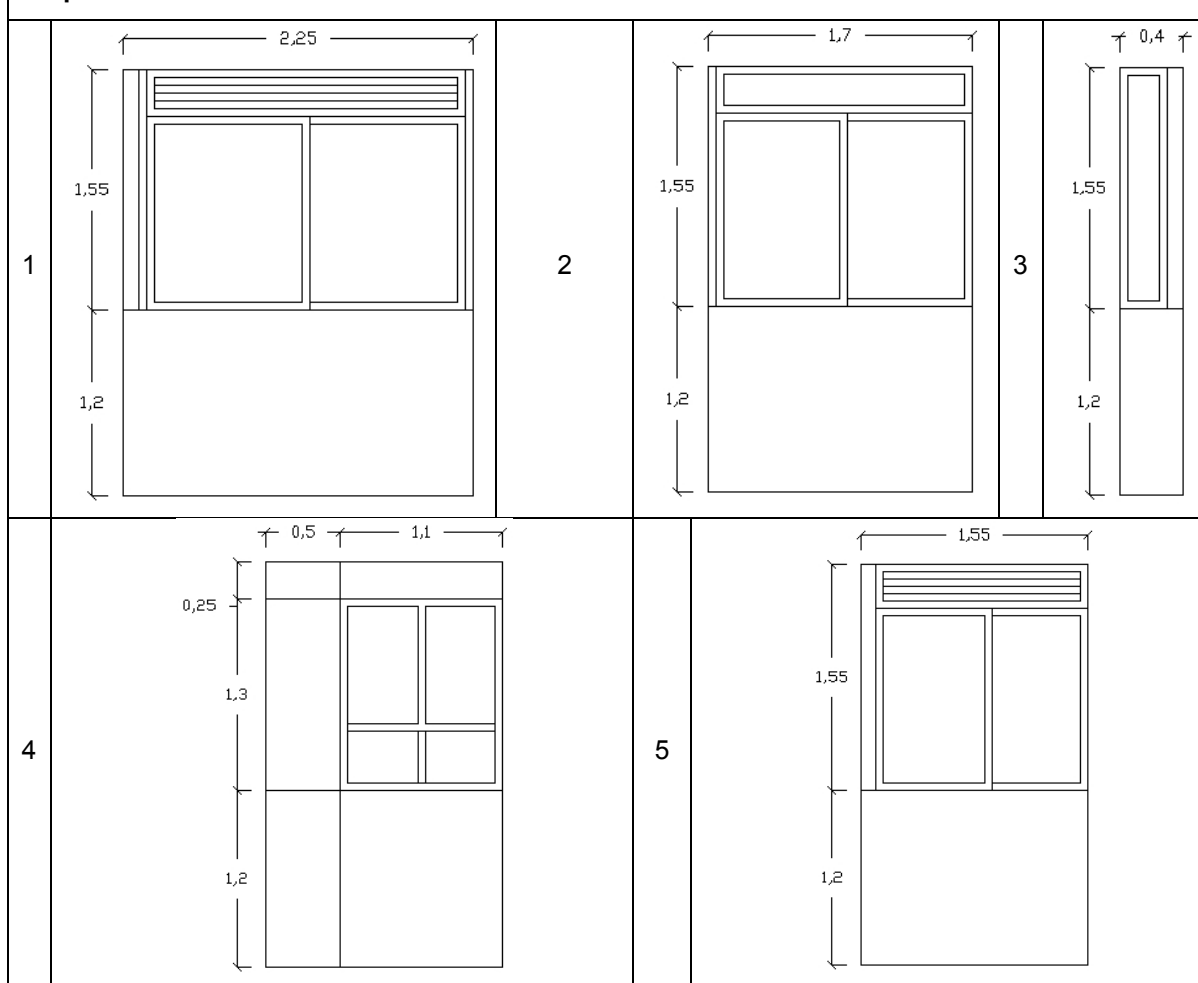
Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 2 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.

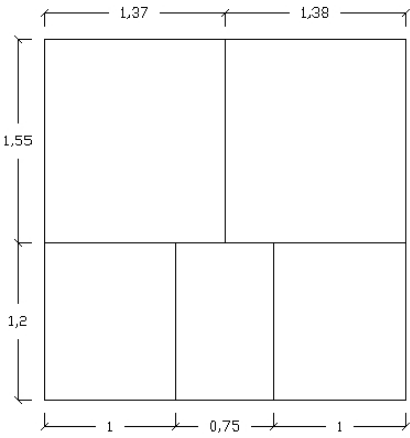
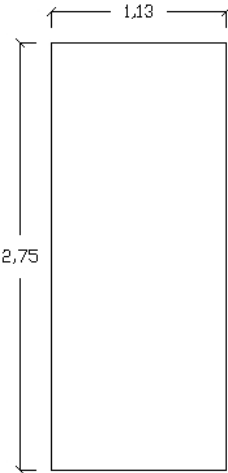
Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 8 módulos na fachada anterior;

Módulo 2 – 16 módulos na fachada lateral.

Esquema dos módulos



6		7	
Descrição dos Módulos			
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Estes módulos serão todos, exceptuando o módulo 7, do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades</p> <p>No módulo 7 será usada a proposta F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 2 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 2 – 6 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 3 – 4 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 5 – 4 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 6 – 3 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 7 – 60 módulos na fachada anterior.</p>			

5.1.5. BAIRRO DE FERNÃO DE MAGALHÃES

5.1.5.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

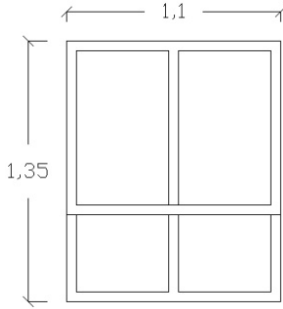
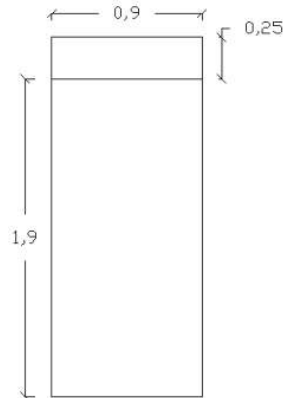
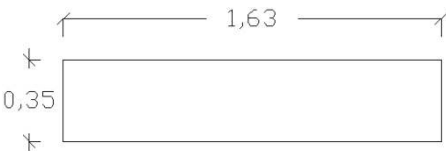
O Bairro de Fernão de Magalhães, como já havia sido referido, é constituído por dezoito blocos. Neste bairro a análise vai recair sobre o bloco 3 (a identificação do bloco pode ser vista na figura 4.4). O bloco tem uma zona central que permite o acesso às escadas que fazem ligação aos corredores, que

levam às entradas dos vários apartamentos. O edifício pode ser dividido em duas partes simétricas, a partir da zona central.

O projecto de arquitectura consultado continha o alçado anterior, o alçado posterior e os alçados laterais. Neste bairro, também não foi possível ter acesso aos projectos das estruturas, logo não será possível descrever com precisão a localização dos vários elementos estruturais.

Consultando os vários alçados verificamos que apenas existem três vãos distintos, sendo um destes vão associado às portas de entrada dos vários apartamentos. Existem dois vãos na fachada anterior e dois vãos na fachada posterior, porém um dos vãos existentes é comum à fachada anterior e à fachada posterior. A geometria dos vãos é dada no quadro 5.9 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.9. – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Fernão Magalhães

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		Janela de correr: Comprimento – 1,65 metros Altura – 1,25 metros Localização: fachada anterior / posterior
2		Porta de entrada dos apartamentos: Comprimento – 0,9 metros Altura – 1,9 metros Localização: fachada anterior
3		Janela basculante: Comprimento – 1,63 metros Altura – 0,35 metros Localização: fachada posterior

Depois de feita a descrição dos vários vãos existentes no bloco pode-se passar a descrição da arquitectura. Os desenhos de arquitectura que permitem perceber a constituição das fachadas, encontram-se em anexo A4.

Como já se referiu não será possível indicar com exactidão a localização dos elementos estruturais, mas mesmo assim foi considerado que as lajes estão distanciadas entre si de 2,5 m e que têm uma espessura de 15 cm.

Os pilares localizam-se nos extremos do edifício, e fazendo uma análise da esquerda para a direita, quem está de frente para a fachada, temos um pilar a 2,45 m relativamente ao extremo do edifício, continuando para a direita existe outro pilar a 3,95m e por último temos um outro a 4,5 m. Fazendo a análise da direita para a esquerda existem exactamente os mesmo pilares. Na fachada posterior fazendo novamente a análise da esquerda para a direita, existe um pilar 4,6 m à esquerda relativamente ao extremo do edifício, continuando para a esquerda temos um outro a 3,4 m e por último um pilar no centro do edifício a 5,00 m relativamente ao anterior.

O aspecto principal a destacar no bloco em análise é a existência de varandas abertas para o exterior, com um comprimento aproximado de 22 m, as varandas funcionam como acessos aos vários apartamentos do edifício. A zona da caixa de escadas é aberta para o exterior pelo lado da fachada anterior, sendo fechada pelas laterais e pela parte posterior, através das paredes dos vários apartamentos. As varandas são protegidas por guardas metálicas em toda a sua extensão e têm uma consola de 1,90 m. No piso térreo existem quatro entradas directas a partir do exterior para o interior dos apartamentos desse mesmo piso.

Como já havia acontecido no bairro analisado anteriormente, o facto de as varandas serem ponto de acesso comum aos vários apartamentos é preciso ser cuidadoso no tipo de solução que se vai utilizar quando se faz a aplicação dos módulos, pois não será aceitável a colocação de um módulo que perturbe o acesso normal dos moradores aos seus apartamentos.

Outro aspecto a destacar neste bairro é o facto de na fachada posterior existir uma zona associada às casas de banho dos apartamentos, em que existe um revestimento da fachada diferente relativamente a todo o resto e ainda de essa zona estar cerca de 10 cm destacada da restante fachada, o que durante a aplicação dos módulos pode representar uma dificuldade acrescida devido ao facto de a distância ser muito reduzida.

Uma situação bastante favorável à aplicação dos módulos é o facto de nas fachadas laterais não existirem vãos ou outra qualquer particularidade, sendo completamente homogénea e sem qualquer obstáculos.

Para o bloco as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A4, permitindo assim uma mais fácil visualização e melhor interpretação da arquitectura dos edifícios.

5.1.5.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 10 módulos de geometria distinta dos quais 6 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 4 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.10 e nos desenhos de arquitectura em anexo A4.

Quadro 5.10. – Descrição dos vãos existentes no Bairro Fernão de Magalhães

Esquema dos módulos							
1		2		3		4	
Descrição dos Módulos							
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 4 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 8 módulos na fachada anterior; 8 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 2 – 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 3 – 8 módulos na fachada posterior; 12 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 4 – 16 módulos na fachada posterior; 4 módulos na fachada lateral.</p>							

Esquema dos módulos					
1		2		3	
4		5		6	
Descrição dos Módulos					
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Os módulos 1, 2 e 3 serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades</p> <p>Nos módulos 4, 5 e 6 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 8 módulos na fachada anterior; 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 2 – 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 3 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 4 – 9 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 5 – 30 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 6 – 10 módulos na fachada anterior;</p>					

5.1.6. BAIRRO DE OUTEIRO

5.1.6.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

O Bairro de Outeiro é constituído por treze blocos, como já havia sido referido. Os blocos alvos de análise neste bairro serão, o bloco A, o bloco H e o bloco L (a identificação dos vários blocos pode ser consultada na figura 4.5). Todos os blocos são diferentes e cada um deles tem determinadas particularidades que fazem com que seja necessária a sua análise separadamente.

Os projectos de arquitectura consultados forneciam as seguintes informações, no caso do bloco A os alçados presentes em projecto são o anterior e o posterior, para o bloco H o projecto englobava todos os alçados, assim como para o bloco L. Como já havia ocorrido em bairros anteriores não foi possível a consulta dos projectos da estrutura.

Todos os blocos podem ser divididos em partes simétricas, o bloco A é constituído por duas entradas e pode ser dividido em duas partes iguais, o bloco L têm apenas uma entrada mas dividindo a fachada em metades obtêm-se duas partes iguais, já o bloco H tem três entradas diferentes que permitem que o edifício seja dividido em três partes iguais.

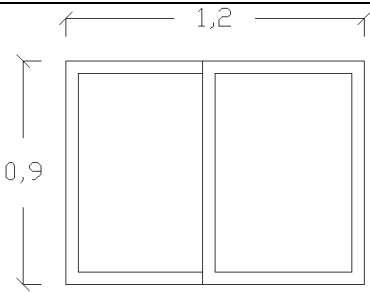
Começando a análise dos vãos dos vários blocos, pelo bloco A, verifica-se que existem sete vãos distintos, incluindo o vão da porta de entrada e o vão das portas de acesso directo aos apartamentos no R/Chão. Na fachada anterior existem quatro vãos distintos e na fachada posterior três vãos.

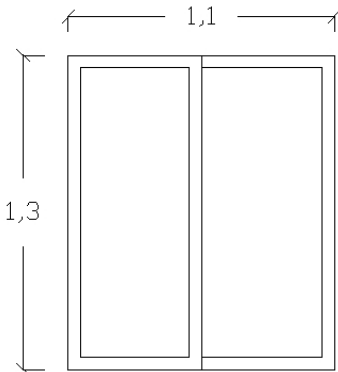
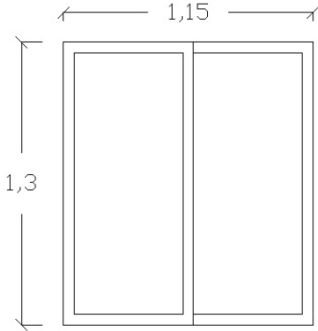
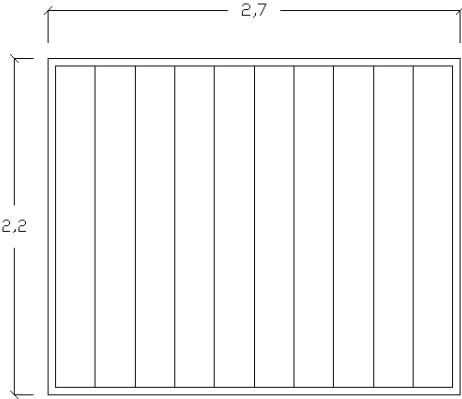
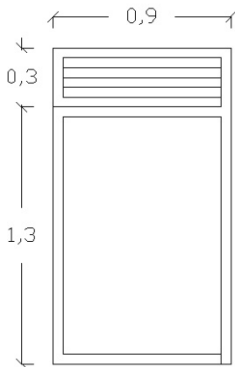
No bloco H existe um conjunto de cinco vãos diferentes. Um dos vãos está presente em todas as fachadas, para além deste existem na fachada principal mais três vãos, na fachada posterior mais um e nas laterais temos apenas o vão comum a todas as fachadas.

Finalizando a análise dos vários vãos pelo bloco L existem nove vãos distribuídos da seguinte forma, no alçado Poente / principal existem seis vãos diferentes, sendo que um deles é o vão da porta de entrada do edifício, no alçado Nascente / posterior existem três tipos de vãos mas dois deles são iguais aos existentes no fachada Poente, no alçado Sul existem três vãos distintos, mas um deles é igual a um dos vãos existente no alçado Poente, por último, no alçado Norte existem dois vãos semelhantes a dois dos vãos existentes no alçado Sul.

A geometria dos vãos dos vários blocos é dada nos quadros 5.11; 5.12 e 5.13 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.11 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco A

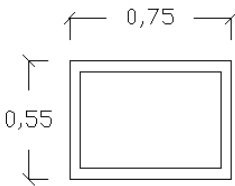
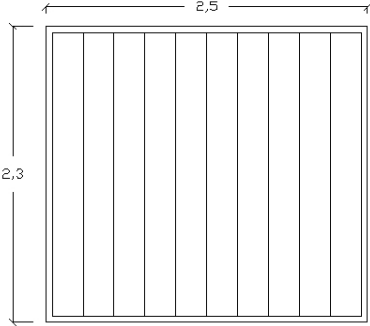
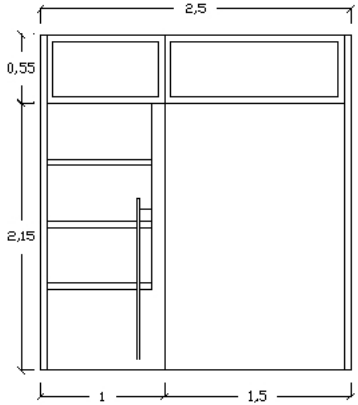
ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1	 <p>Diagrama de uma janela de correr com dimensões 1,2 metros de comprimento e 0,9 metros de altura.</p>	<p>Uma janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,2 metros</p> <p>Altura – 0,9 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

2	 <p>Diagram of a sliding window. The width is labeled as 1,1 and the height as 1,3. The window is divided into two vertical panes.</p>	<p>Uma janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
3	 <p>Diagram of a sliding window. The width is labeled as 1,15 and the height as 1,3. The window is divided into two vertical panes.</p>	<p>Uma janela de correr</p> <p>Comprimento – 1,15 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
4	 <p>Diagram of a fixed window. The width is labeled as 2,7 and the height as 2,2. The window is divided into eight vertical panes.</p>	<p>Janelas fixas:</p> <p>Comprimento – 2,7 metros</p> <p>Altura – 2,2 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
5	 <p>Diagram of a window unit. The width is labeled as 0,9 and the height as 1,3. The window is divided into two vertical panes. Above the window is a ventilation grille with a width of 0,9 and a height of 0,3.</p>	<p>Parte de um conjunto de janelas de correr:</p> <p>Comprimento – 0,9 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação do compartimento:</p> <p>Comprimento – 0,9 metros</p> <p>Altura – 0,3 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

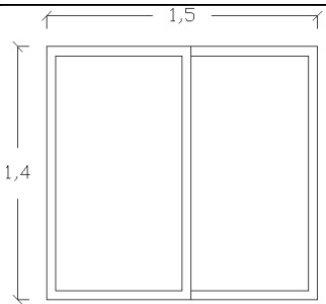
ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
6		<p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 0,85 metros</p> <p>Altura – 1,25 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
7		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>5 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,15 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

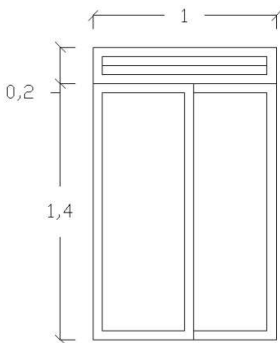
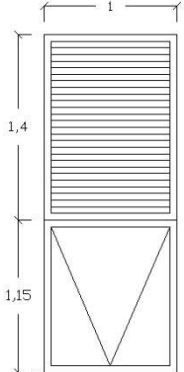
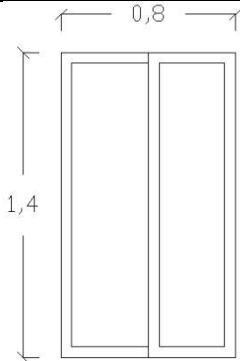
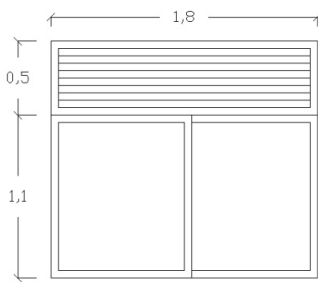
Quadro 5.12 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco H

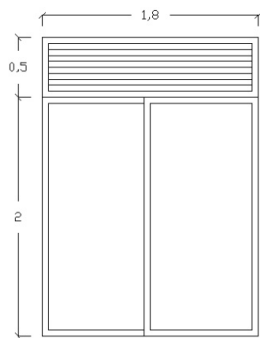
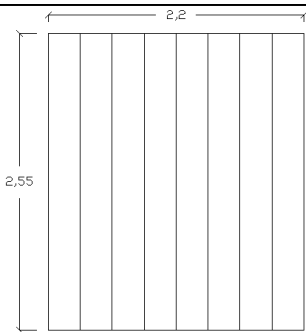
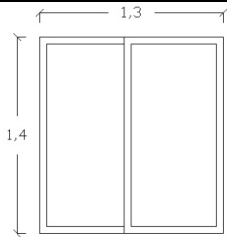
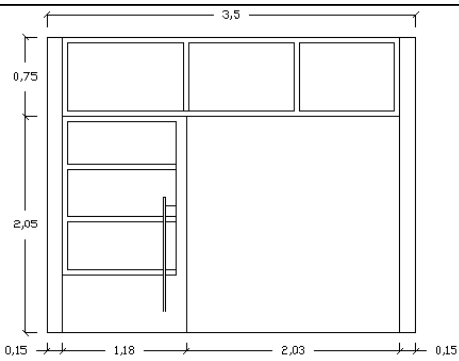
ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Uma janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior / posterior</p>
2		<p>Uma janela de correr, com guardas de protecção:</p> <p>Comprimento – 2,6 metros</p> <p>Altura – 2,2 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
3		Uma janela de basculante: Comprimento – 0,75 metros Altura – 0,55 metros Localização: fachada anterior
4		Janelas fixas: Comprimento – 2,5 metros Altura – 2,3 metros Localização: fachada anterior
5		Vão da entrada no edifício 5 Janelas Fixas Porta de entrada de batente: Comprimento – 1,0 metros Altura – 2,15 metros Localização: fachada anterior

Quadro 5.13 – Descrição dos vãos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco L

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		Janela de correr: Comprimento – 1,5 metros Altura – 1,4 metros Localização: fachada Poente

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
2		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 0,2 metros</p> <p>Localização: fachada Poente / Nascente</p>
3		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 1,15 metros</p> <p>Contém grelhas de ventilação:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Localização: fachada Poente</p>
4		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 0,8 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Localização: fachada Poente / Nascente</p>
5		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Contém grelhas de ventilação do compartimento:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 0,4 metros</p> <p>Localização: fachada Norte / Sul</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
6		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 2,0 metros</p> <p>Contêm grelhas de ventilação do compartimento:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 0,5 metros</p> <p>Localização: fachada Norte / Sul</p>
7		<p>Janela fixa:</p> <p>Comprimento – 2,2 metros</p> <p>Altura – 2,55 metros</p> <p>Localização: fachada Poente</p>
8		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,3 metros</p> <p>Altura – 1,4 metros</p> <p>Localização: fachada Nascente</p>
9		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>5 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,18 metros</p> <p>Altura – 2,05 metros</p> <p>Localização: fachada Poente</p>

Feita a descrição dos vãos dos diferentes blocos, será feita a análise da arquitectura. Como aconteceu nos vãos será feita a análise separada para cada um dos blocos começando pelo bloco A, passando pelo bloco H e terminando no bloco L. Os desenhos de arquitectura que permitem perceber a constituição das várias fachadas encontram-se em anexo A5.

No bloco A as lajes encontram-se distanciadas entre si 2,5 m e têm uma espessura de 20 cm, como já foi referido, estes valores podem não estar correcto visto não ter sido possível consultar o projecto de estruturas. Os pilares encontram-se nos cantos do edifício, na zona de transição entre a fachada e a zona de varanda, na zona da caixa de escadas e a na zona central do edifício isto fazendo a análise pela

fachada anterior. Analisando a fachada posterior os pilares deverão se encontrar no mesmo alinhamento dos pilares da fachada principal.

Neste bloco destaca-se a existência de duas varandas fechadas por envidraçados e por um muro de betão que serve de protecção. As varandas funcionam como corredor de acesso à entrada dos apartamentos. Cada uma das varandas tem um comprimento de cerca de 21 m e têm uma largura de 1,20 m. As varandas não são totalmente fechadas havendo na zona da caixa de escadas uma abertura com 1,60 m de altura e 2,70 m de comprimento para o exterior.

No piso térreo existem, para além das duas portas de entrada para a caixa de escadas, mais seis portas de acesso directo ao interior de apartamentos. Como aconteceu noutras situações anteriores, o facto de as varandas serem acesso comum aos apartamentos faz com que a escolha dos módulos fique muito dependente desse facto. Na fachada posterior na zona da caixa de escadas existe um recuo relativamente à restante fachada de 80 cm, mais uma situação que irá requer cuidados quando se fizer a aplicação dos módulos.

Fazendo a análise do bloco H relativamente aos elementos estruturais, como em outros casos as lajes encontram-se de 2,50 m em 2,50 m e têm uma espessura de 20 cm, mas como também já foi referido estas medidas podem não corresponder à verdade. Os pilares localizam-se nos cantos do edifício, na zona da caixa de escadas e na transição entre os três blocos resultantes da divisão já referida.

A zona da caixa de escadas está fechada por envidraçados e têm um avanço relativamente ao resto da fachada de 0,95m. Esta zona não está completamente encerrada ficando um espaço aberto com uma altura de 30 cm.

Por último o bloco L é daqueles que foram analisados o que apresenta características mais distintas. As lajes têm uma distância de 2,50 m entre si e uma espessura de 20 cm. Os pilares como nos restantes casos situam-se nos cantos do edifício e nas zonas em que existem recuos ou avançados das fachadas.

Uma situação que destaca este bloco relativamente aos restantes, é o facto de em todas as fachadas existir um recuo da mesma. Na fachada voltada a nascente esse recuo tem um comprimento de 3 m, na fachada voltada a Poente tem um comprimento de 4,2 m e nas outras duas fachadas tem um comprimento de 1,50 m. Este factor vai fazer com que este seja dos bairros em que a necessidade de ter em atenção a colocação de módulos em cantos é mais evidente.

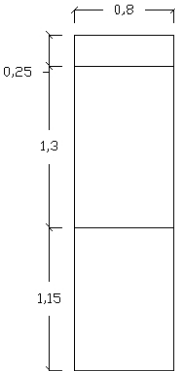
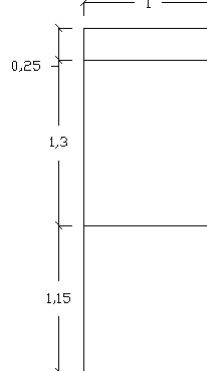
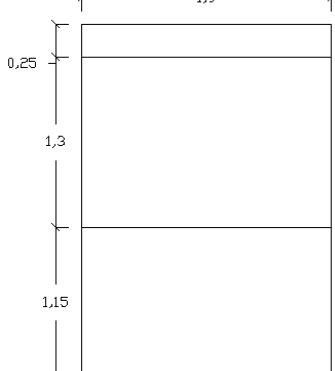
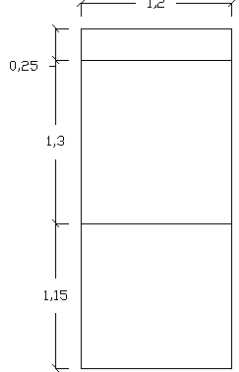
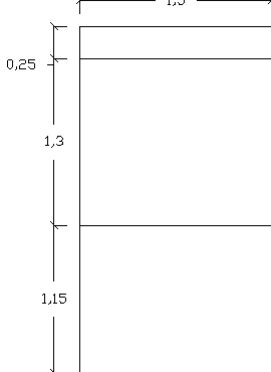
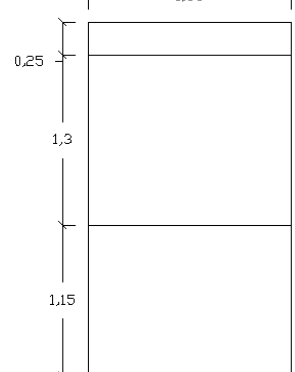
Analisando as fachadas sul e norte verifica-se a existência de envidraçados com guardas metálicas, o que leva a crer que a essa zona esteja associada uma marquise de apoio à cozinha.

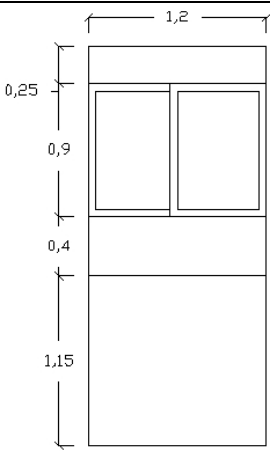
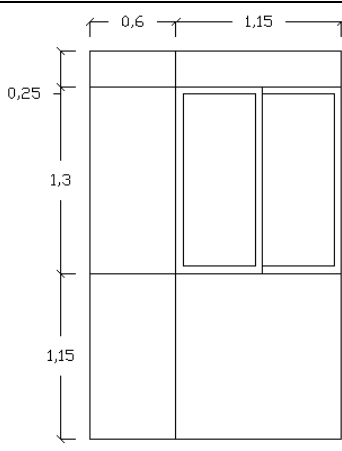
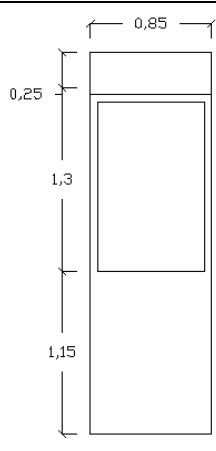
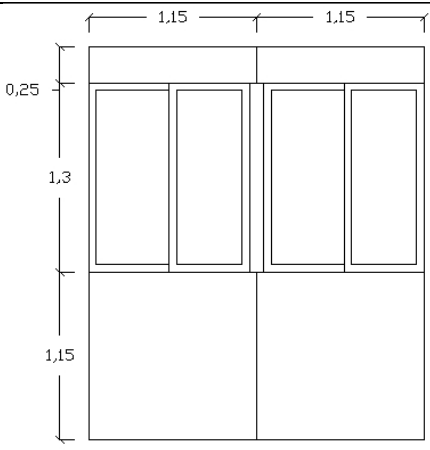
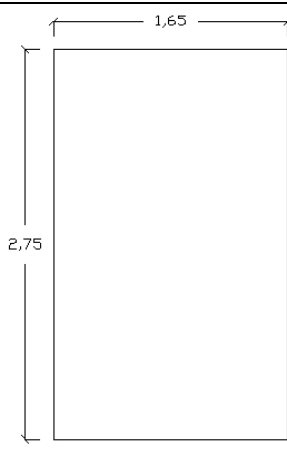
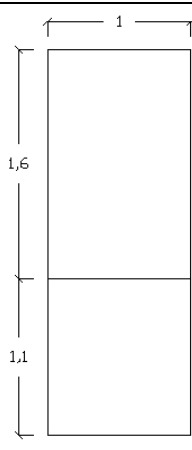
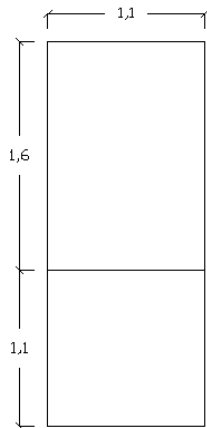
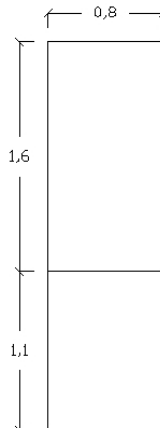
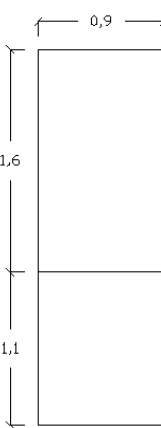
Para os blocos as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A5, permitindo assim uma mais fácil visualização e melhor interpretação da arquitectura dos edifícios.

5.1.6.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, para o bloco A obtiveram-se 15 módulos de geometria distinta dos quais 9 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 6 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.14 e nos desenhos de arquitectura em anexo A5.

Quadro 5.14 – Descrição dos módulos existentes no Bairro de Outeiro – Bloco A

Esquema dos módulos					
1		2		3	
4		5		6	
Descrição dos Módulos					
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 6 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 6 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 2 – 12 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 3 – 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 5 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 6 – 24 módulos na fachada posterior.</p>					

Esquema dos módulos		
1		2
2		3
3		
4		5
5		6
6		
7		8
8		9
9		
Descrição dos Módulos		
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Os módulos 1, 2, 3 e 4 serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis</p>		

ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades

Nos módulos 5, 6, 7, 8 e 9 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 24 módulos na fachada posterior;

Módulo 2 – 8 módulos na fachada anterior;

Módulo 3 – 6 módulos na fachada anterior;

Módulo 4 – 24 módulos na fachada posterior;

Módulo 5 – 16 módulos na fachada posterior;

Módulo 6 – 120 módulos na fachada anterior;

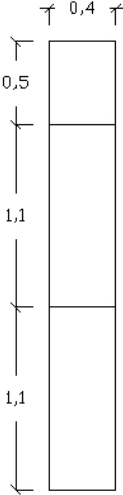
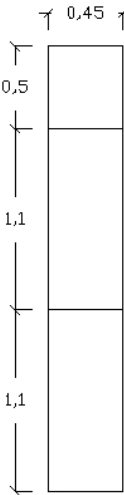
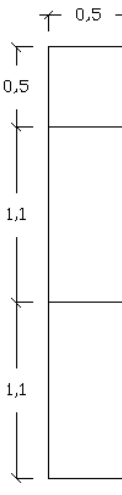
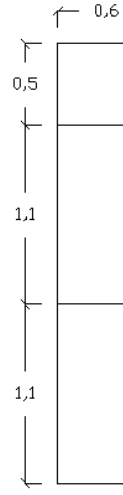
Módulo 7 – 6 módulos na fachada anterior;

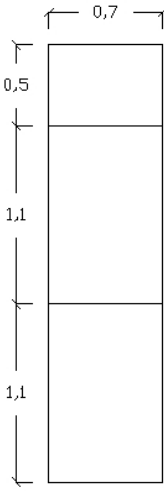
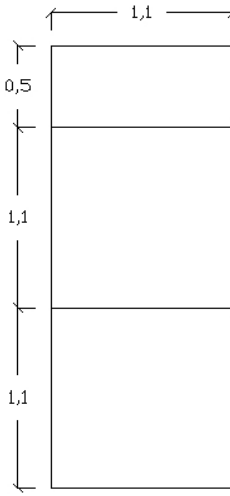
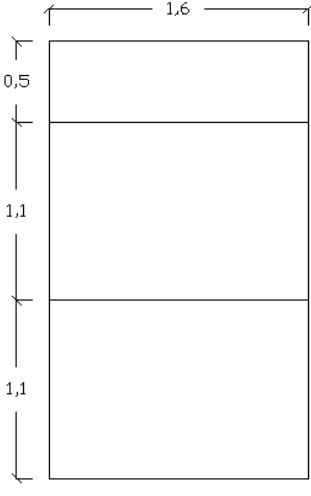
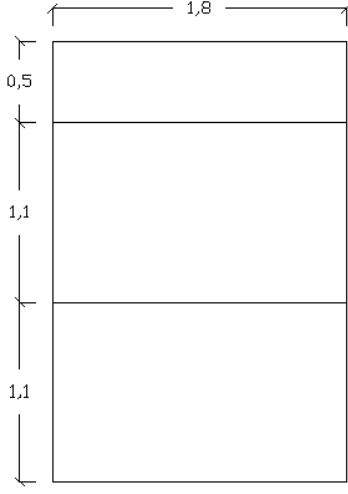
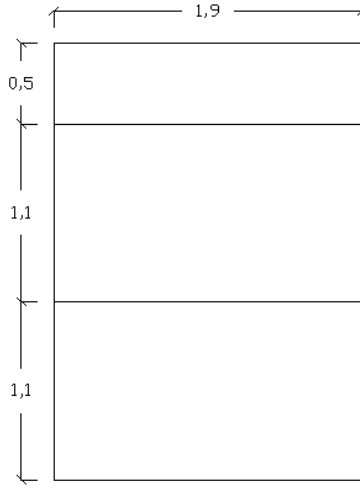
Módulo 8 – 12 módulos na fachada anterior;

Módulo 9 – 28 módulos na fachada anterior.

No bloco H obtiveram-se 13 módulos de geometria distinta dos quais 4 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes e 9 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.15 e nos desenhos de arquitectura em anexo A5.

Quadro 5.15 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro de Outeiro – Bloco H

Esquema dos módulos															
1				2				3				4			

5		6		7	
8		9			
Descrição dos Módulos					
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 9 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 4 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 2 – 24 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 3 – 16 módulos na fachada anterior; 44 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 4 – 4 módulos na fachada lateral;</p>					

Módulo 5 – 40 módulos na fachada anterior;

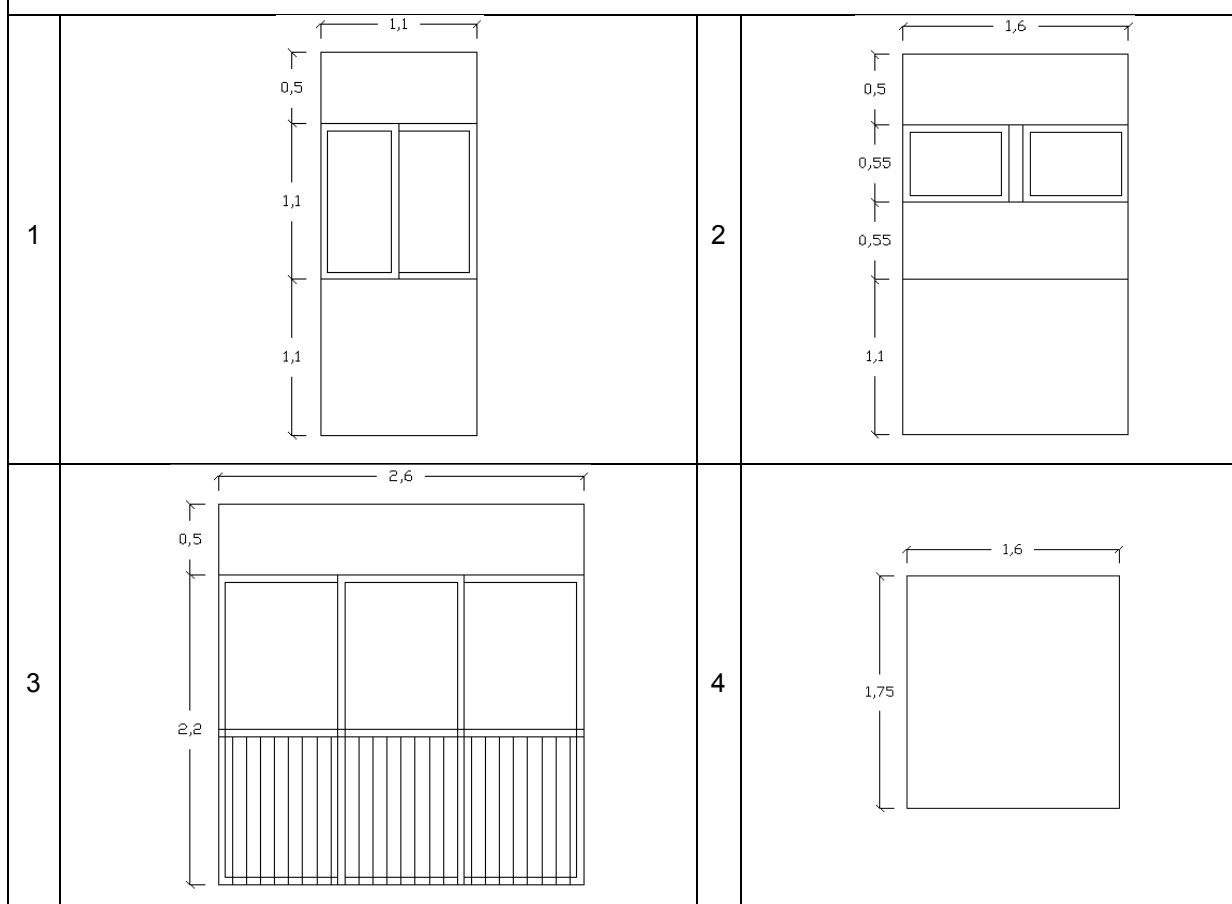
Módulo 6 – 8 módulos na fachada posterior; 24 módulos na fachada lateral;

Módulo 7 – 16 módulos na fachada posterior;

Módulo 8 – 8 módulos na fachada lateral;

Módulo 9 – 16 módulos na fachada anterior; 4 módulos na fachada posterior; 4 módulos na fachada lateral.

Esquema dos módulos



Descrição dos Módulos

O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.

Os módulos 1, 2 e 3 serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades

No módulo 4 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 40 módulos na fachada anterior; 44 módulos na fachada posterior; 12 módulos na fachada lateral;

Módulo 2 – 24 módulos na fachada anterior;

Módulo 3 – 24 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 30 módulos na fachada anterior.

No bloco L obtiveram-se 13 módulos de geometria distinta dos quais 7 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 6 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.16 e nos desenhos de arquitectura em anexo A5.

Quadro 5.16 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro de Outeiro – Bloco L

Esquema dos módulos	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Descrição dos Módulos	
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p>	

O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.

Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 6 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 20 módulos na fachada anterior; 20 módulos na fachada posterior;

Módulo 2 – 20 módulos na fachada anterior; 20 módulos na fachada posterior;

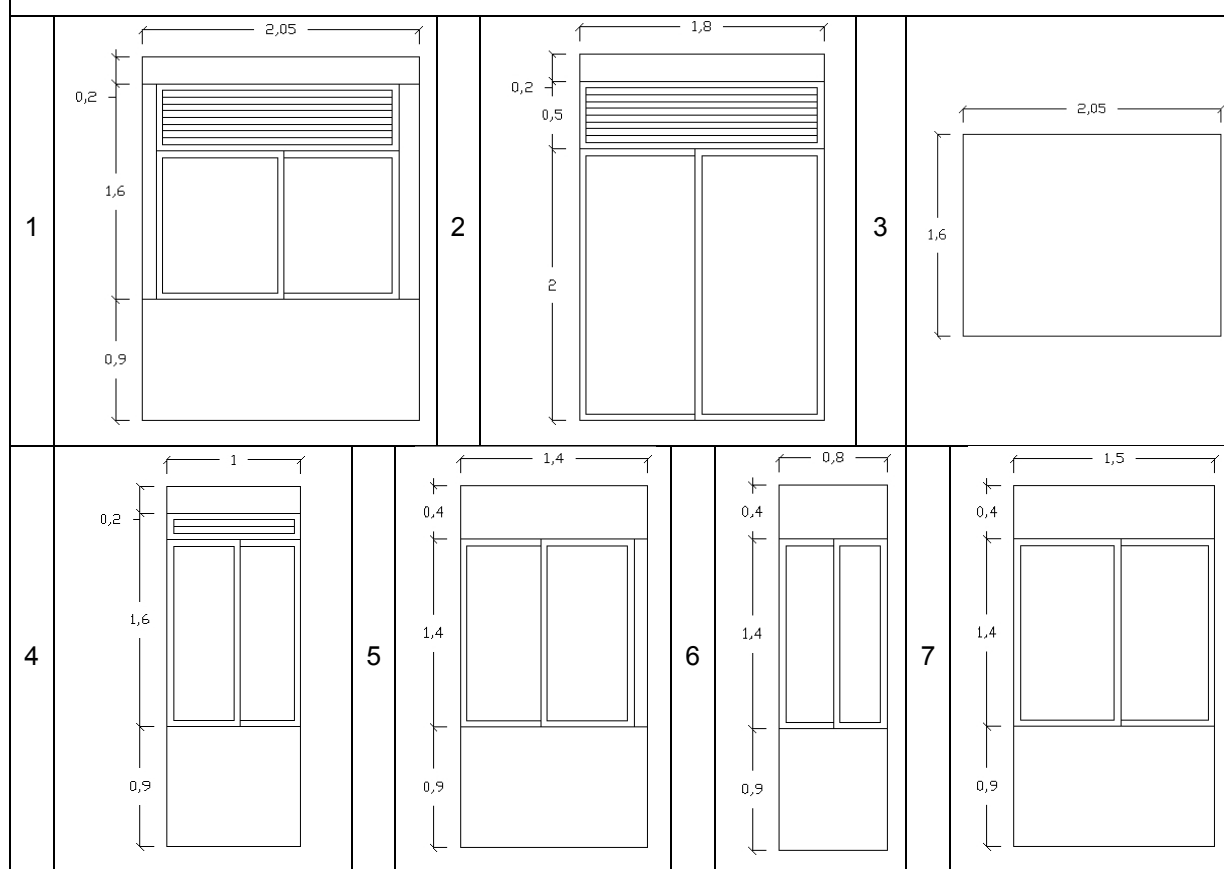
Módulo 3 – 10 módulos na fachada anterior; 10 módulos na fachada posterior; 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 4 – 20 módulos na fachada anterior; 20 módulos na fachada posterior; 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 5 – 10 módulos na fachada posterior; 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 6 – 10 módulos na fachada anterior; 10 módulos na fachada posterior; 10 módulos na fachada lateral.

Esquema dos módulos



Descrição dos Módulos

O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.

Todos os módulos, exceptuando o módulo 3, serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades

No módulo 3 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 2 – 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 3 – 14 módulos na fachada anterior;

Módulo 4 – 10 módulos na fachada anterior; 10 módulos na fachada posterior;

Módulo 5 – 10 módulos na fachada posterior;

Módulo 6 – 40 módulos na fachada anterior; 50 módulos na fachada posterior; 10 módulos na fachada lateral;

Módulo 7 – 10 módulos na fachada posterior.

5.1.7. BAIRRO DO REGADO**5.1.7.1. Descrição pormenorizada da arquitectura**

O Bairro do Regado é constituído por vinte e três blocos, dos quais vão ser sujeito a análise, como já havia sido referido, os blocos 14 e 19 (a identificação dos blocos pode ser feita na figura 4.6). O projecto de arquitectura consultado fornecia os seguintes elementos para o bloco 14 o alçado anterior e posterior, no caso do bloco 19 o projecto continham todos os alçados. O projecto de estruturas não foi consultado por falta de acesso ao mesmo.

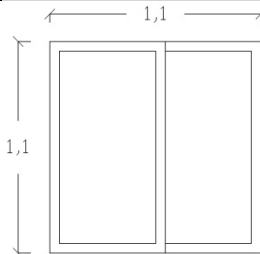
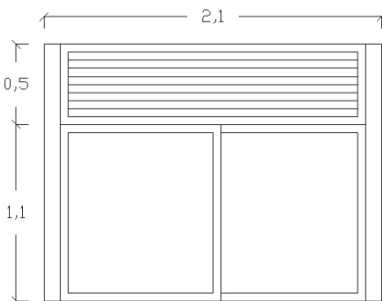
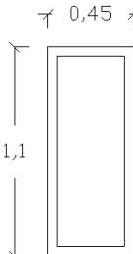
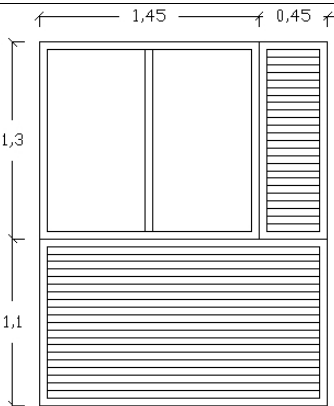
O bloco 14 é constituído por duas entradas e pode ser dividido em dois blocos iguais, assim como é o caso do bloco 19. Feita a divisão dos blocos passa-se à descrição dos vários vãos.

Começando a análise dos vãos pelo bloco 14, na fachada anterior existem cinco vãos distintos, incluindo o vão associado à porta de entrada do edifício, na fachada posterior existem outros três tipos de vãos, mas um deles é igual a um dos vãos da fachada anterior, existem um total de sete vãos diferentes.

No bloco 19 existe um total de nove vãos distintos, na fachada anterior existem seis vãos, incluindo o vão da porta de entrada do bloco, na fachada posterior existem três vãos diferentes e por último nas fachadas laterais existem dois tipos de vãos semelhantes a dois dos existentes na fachada posterior.

A geometria dos vãos dos vários blocos é dada nos quadros 5.17; 5.18 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

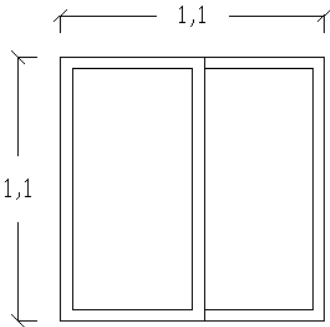
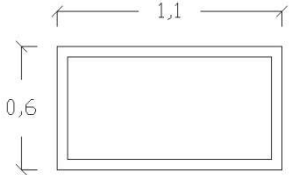
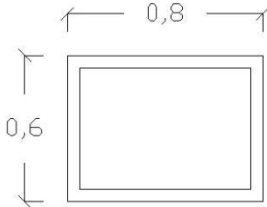
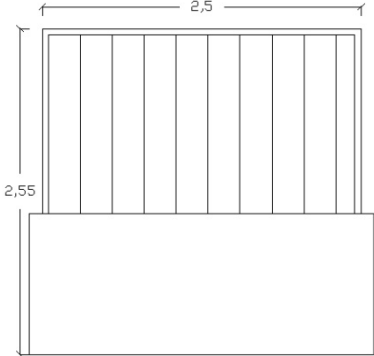
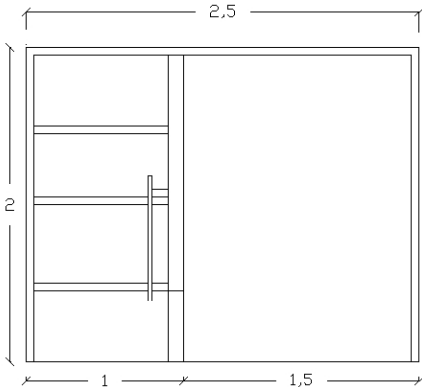
Quadro 5.17 – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Regado – Bloco 14

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		Janela de correr: Comprimento – 1,1 metros Altura – 1,1 metros Localização: fachada anterior / posterior
2		Janela de correr: Comprimento – 2,1 metros Altura – 1,1 metros Contêm grelhas para ventilação: Comprimento – 2,1 metros Altura – 0,5 metros Localização: fachada anterior
3		Janela basculante Comprimento – 0,45 metros Altura – 1,1 metros Localização: fachada anterior
4		Janela de correr: Comprimento – 1,45 metros Altura – 1,3 metros Contêm grelhas para ventilação: Comprimento – 0,45 / 1,90 metros Altura – 1,3 / 1,1 metros Localização: fachada posterior

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
5		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,8 metros</p> <p>Altura – 1,3 metros</p> <p>Contêm grelhas para ventilação:</p> <p>Comprimento – 0,4 / 2,2 metros</p> <p>Altura – 1,3 / 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>
6		<p>Janela Fixa</p> <p>Comprimento – 2,55 metros</p> <p>Altura – 2,25 metros</p> <p>Contêm guardas de protecção em ferro, que serão retiradas a quando da colocação dos módulos.</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
7		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>3 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,4 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Quadro 5.17 – Descrição dos vãos existentes no Bairro do Regado – Bloco 19

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,9 metros</p> <p>Altura – 1,5 metros</p> <p>Contêm grelhas para ventilação:</p> <p>Comprimento – 0,4 / 2,3 metros</p> <p>Altura – 1,5 / 0,8 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
2		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 0,6 metros</p> <p>Altura – 0,6 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
3		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,4 metros</p> <p>Altura – 1,5 metros</p> <p>Contêm grelhas para ventilação:</p> <p>Comprimento – 0,4 / 1,8 metros</p> <p>Altura – 1,5 / 0,8 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
4		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 2,85 metros</p> <p>Altura – 1,55 metros</p> <p>Contêm grelhas para ventilação:</p> <p>Comprimento – 2,85 metros</p> <p>Altura – 1,55 metros</p> <p>Localização: fachada posterior</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
5		<p>Janela de correr:</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 1,1 metros</p> <p>Localização: fachada anterior / posterior / lateral</p>
6		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 1,1 metros</p> <p>Altura – 0,6 metros</p> <p>Localização: fachada posterior / lateral</p>
7		<p>Janela basculante:</p> <p>Comprimento – 0,8 metros</p> <p>Altura – 0,6 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
8		<p>Janela fixa:</p> <p>Comprimento – 2,5 metros</p> <p>Altura – 2,55 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
9		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>3 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 1,0 metros</p> <p>Altura – 2,0 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Feita a análise dos vãos existentes em cada um dos blocos passar-se-á para a análise dos restantes elementos, arquitectura e estrutural, dos edifícios. Em anexo A6 encontram-se os vários desenhos de arquitectura.

Começando pelos elementos estruturais no bloco 14 considerou-se, que as lajes estão localizadas de 2,70 m em 2,70 m. No caso dos pilares tal como já sucedido em análise anteriores, considerou-se que estes se localizam nos cantos do edifício, em zonas de transição entre a fachada e os avanços existentes e ainda na zona central do edifício em que se fez a divisão entre os blocos mais pequenos, resultantes da divisão do edifício mencionada anteriormente.

Passando agora para a análise das especificações da arquitectura propriamente dita verifica-se que neste bairro existem duas zonas distintas em que temos um avanço da fachada, num primeiro caso esse avanço é na zona de caixa de escadas e o outro avançado é numa zona de marquise associada à cozinha dos vários apartamentos, neste caso não foi possível saber qual o comprimento dos avanços pois o projecto de arquitectura não contemplava os alçados laterais.

Na fachada posterior e nas fachadas laterais (por visualização no local) não existem quaisquer particularidades que possam dificultar a aplicação dos módulos, para além da existência de vãos na fachada posterior.

No bloco 19 as lajes estão distanciadas de 2,70 m em 2,70 m e os pilares localizam-se nos cantos do edifício, na zona de transição entre a fachada e os avanços e na zona central do edifício, estes dados como já havia referido podem não estar correctos devido à falta de consulta do projecto de estruturas

Neste bloco na zona da caixa de escadas existe um avanço de 0,90 m relativamente à restante fachada, este avanço tem uma largura de 2,50 m e ocorre na fachada anterior. A caixa de escadas é encerrada por envidraçados que são protegidos por um muro em betão com uma altura de 1,10 m, no entanto o envidraçado deixa um espaço em aberto com uma altura de 30 cm.

Outra particularidade deste bloco é o facto de por baixo dos apartamentos existir um espaço para outras facilidades para além de apartamentos, o que faz com que seja necessário prever um cuidadoso isolamento entre este e os apartamentos, para que o desempenho da reabilitação não seja posto em causa, no entanto este isolamento está associado ao pavimento não sendo, por isso, objecto de estudo neste trabalho.

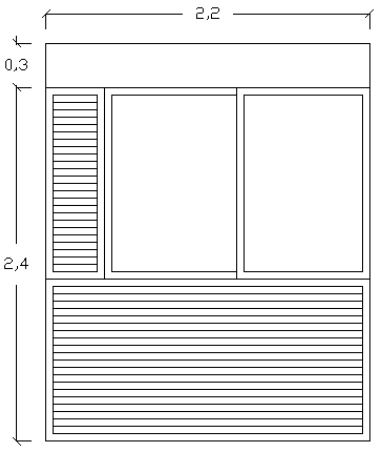
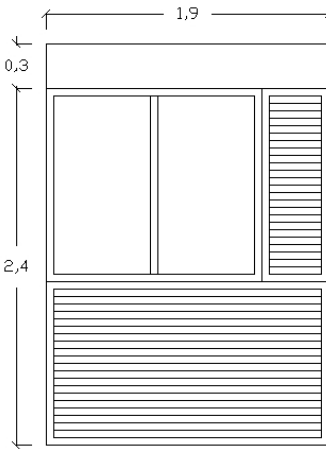
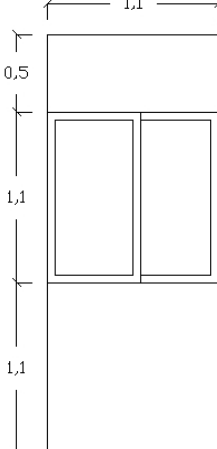
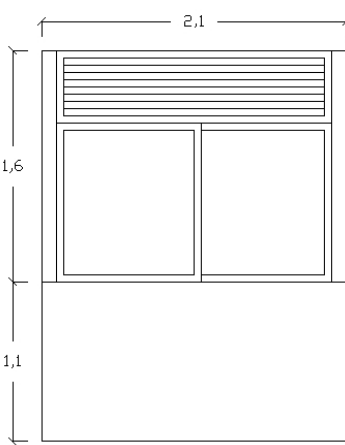
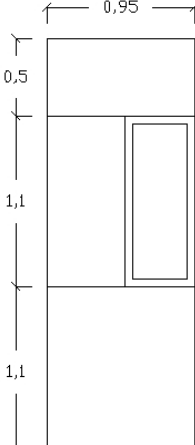
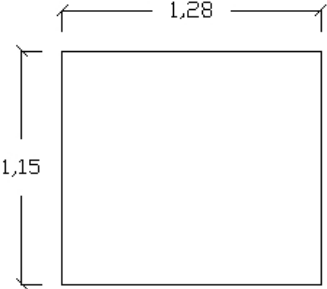
Para os dois blocos as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A6, permitindo assim uma mais fácil visualização e melhor interpretação da arquitectura dos edifícios.

5.1.7.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, para o bloco 14, obtiveram-se 11 módulos de geometria distinta dos quais 6 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 5 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.18 e nos desenhos de arquitectura em anexo A6.

Quadro 5.18 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro do Regado – Bloco 14

Esquema dos módulos					
1		2		3	
4		5			
Descrição dos Módulos					
<p>Este grupo de módulos é caracterizado por terem a mesma altura mas larguras distintas, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas distintas, que obrigam à utilização de módulos com dimensões variáveis.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais e de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem destes módulos com aqueles que incluem vãos envidraçados.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 5 módulos serão do tipo F2, pois será necessária a integração de condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 32 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 2 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 3 – 16 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior; 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 5 – 16 módulos na fachada anterior; 16 módulos na fachada posterior;</p>					

Esquema dos módulos		
1		2
2		3
3		4
4		5
5		6
6		
Descrição dos Módulos		
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Todos os módulos, exceptuando o módulo 6, serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades</p> <p>No módulo 6 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 8 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 2 – 16 módulos na fachada posterior;</p>		

Módulo 3 – 16 módulos na fachada anterior; 32 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 16 módulos na fachada anterior;

Módulo 5 – 16 módulos na fachada anterior;

Módulo 6 – 32 módulos na fachada anterior;

No bloco 19, obtiveram-se 13 módulos de geometria distinta dos quais 8 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 5 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no quadro 5.19 e nos desenhos de arquitectura em anexo A6.

Quadro 5.19 – Descrição dos módulos utilizados no Bairro do Regado – Bloco 19

Esquema dos módulos	
1	
2	
3	
4	
5	
Descrição dos Módulos	
<p>Estes módulos são caracterizados por terem a mesma altura mas largura diferentes, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas muito distintas, que obrigam a utilizar módulos com larguras reduzidas.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais, ainda através de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem dos módulos que contêm janelas e estes.</p>	

Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 5 módulos serão do tipo F2, pois será necessário a integração condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 56 módulos na fachada anterior; 32 módulos na fachada posterior;

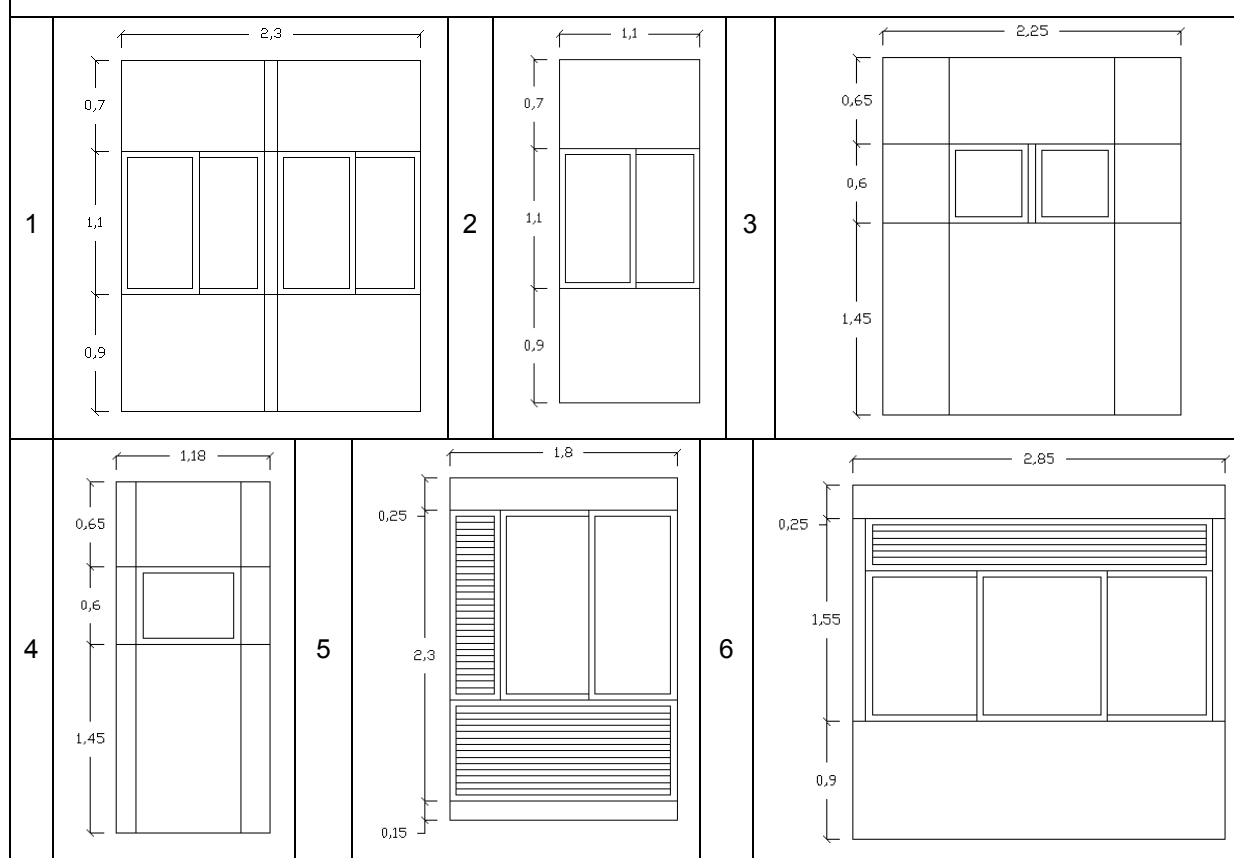
Módulo 2 – 4 módulos na fachada lateral;

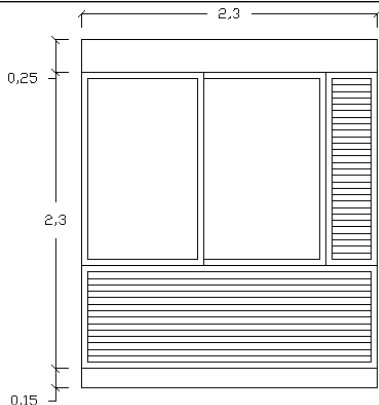
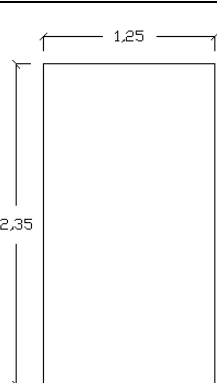
Módulo 3 – 8 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 4 módulos na fachada lateral;

Módulo 5 – 16 módulos na fachada anterior; 16 módulos na fachada posterior; 8 módulos na fachada lateral.

Esquema dos módulos



7		8	
Descrição dos Módulos			
<p>O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.</p> <p>Todos os módulos, exceptuando os módulos 5, 7 e 8, serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades</p> <p>Nos módulos 5, 7 e 8 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar o avanço existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:</p> <p>Módulo 1 – 4 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 2 – 16 módulos na fachada posterior; 4 módulos na fachada lateral;</p> <p>Módulo 3 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 5 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 6 – 16 módulos na fachada posterior;</p> <p>Módulo 7 – 8 módulos na fachada anterior;</p> <p>Módulo 8 – 16 módulos na fachada anterior.</p>			

5.1.8. CONJUNTO DE HABITAÇÕES SOCIAIS NA TRAVESSA DE SALGUEIROS

5.1.8.1. Descrição pormenorizada da arquitectura

O conjunto de habitações sociais na travessa de Salgueiros é constituído por cinco blocos. O bloco em análise é o bloco B (a identificação do bloco pode ser feita através da figura 4.8). O projecto consultado fornecia vários elementos de arquitectura, alçados, cortes e plantas, e ainda alguns

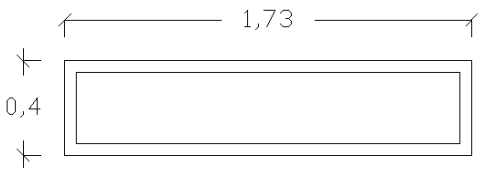
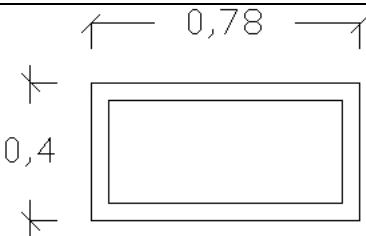
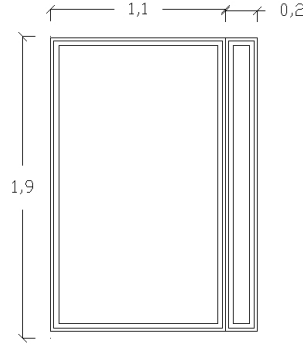
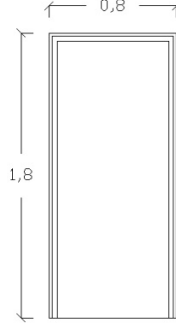
elementos estruturais que permitem determinar com algum rigor a localização desses mesmos elementos.


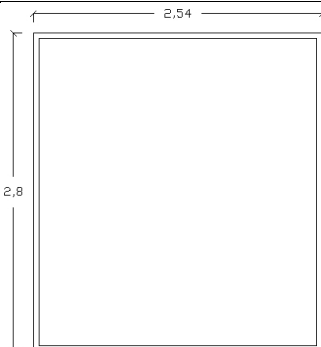
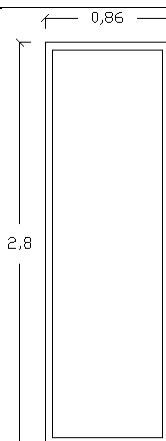
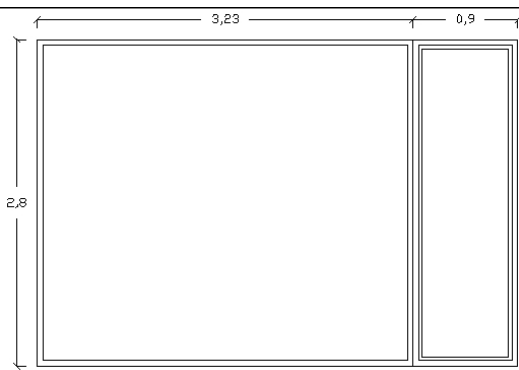
O bloco B tem uma entrada pela fachada anterior, uma entrada pela fachada posterior. Este bloco não permite a divisão em elementos mais pequenos, embora em algumas zonas existam simetrias, mas não é aconselhável a sua divisão em dois blocos, por isso, a sua análise será feita em todo o conjunto e não apenas em pequenos blocos como ocorria nos restantes bairros.

Este bloco é constituído por um total de nove vãos diferentes, sendo que dois deles são vãos de portas de entrada para o edifício. Na fachada anterior existem quatro vãos distintos, na fachada posterior outros quatro vãos e por último na fachada lateral existe apenas um tipo de vão.

A geometria dos vãos dos vários blocos é dada nos quadros 5.20 onde se percebem as suas dimensões e o seu método de abertura/funcionamento.

Quadro 5.20 – Descrição dos vãos existentes no Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
1		Janela basculante: Comprimento – 1,73 metros Altura – 0,4 metros Localização: fachada posterior
2		Janela basculante Comprimento – 0,78 metros Altura – 0,4 metros Localização: fachada posterior
3		Janela basculante: Comprimento – 1,1 metros Altura – 1,9 metros Janela fixa: Comprimento – 0,2 metros Altura – 1,9 metros Localização: fachada posterior
4		Porta de Batente Comprimento – 0,8 metros Altura – 1,8 metros Localização: fachada posterior

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
5		<p>Janela de basculante:</p> <p>Comprimento – 0,8 metros</p> <p>Altura – 2,16 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
6		<p>Janela fixa:</p> <p>Comprimento – 2,54 metros</p> <p>Altura – 2,8 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
7		<p>Janela fixa:</p> <p>Comprimento – 0,86 metros</p> <p>Altura – 2,8 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>
8		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>1 Janela Fixa</p> <p>Porta de entrada de batente:</p> <p>Comprimento – 0,9 metros</p> <p>Altura – 2,0 metros</p> <p>Localização: fachada lateral</p>

ID	Esquema dos vãos	Descrição dos vãos
9		<p>Vão da entrada no edifício</p> <p>3 Janelas Fixas</p> <p>Porta de entrada:</p> <p>Comprimento – 2,5,0 metros</p> <p>Altura – 2,2 metros</p> <p>Localização: fachada anterior</p>

Com os vãos do edifício perfeitamente definidos é possível fazer a descrição das restantes características dos bairros. Em anexo A7 é possível consultar os desenhos de arquitectura das fachadas.

Começando a análise pelos elementos estruturais, neste bloco as lajes estão localizadas de 2,7 m em 2,7 m de altura e têm uma espessura de cerca 20 cm. A definição da localização dos pilares não é possível pois os elementos que contêm informação da estrutura do edifício não permitem descortinar a exacta localização, será admitido neste caso que os pilares encontram-se apenas nos pontos extremos do bloco.

Um factor de destaque relativamente a outros bairros é a existência no topo do edifício de um recuo da fachada dando origem a uma zona em varanda em todo o comprimento do bloco e que tem uma largura de 1,6 m. Outra situação de destaque relativamente aos restantes bairros é a forma como estão distribuídas os vários vãos ao longo da fachada, que pode dificultar a aplicação dos vários módulos.

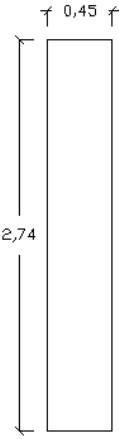
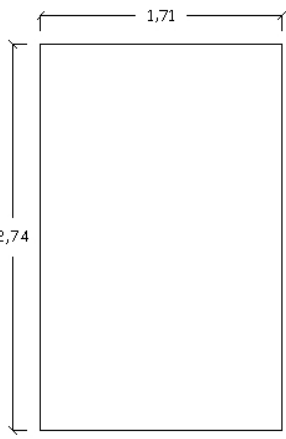
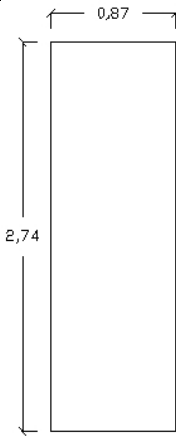
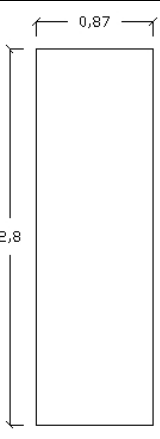
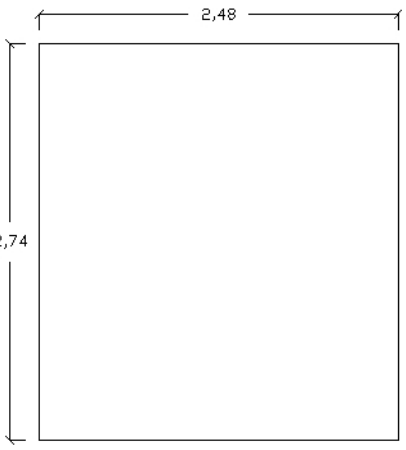
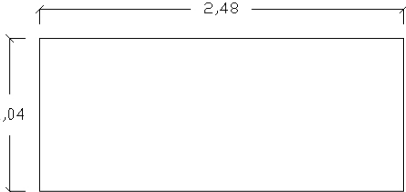
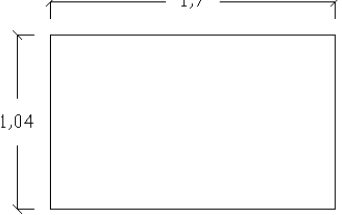
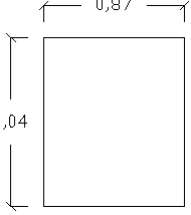
No piso térreo, na fachada anterior, em quase todo o comprimento do edifício existem apenas envidraçados, o que é uma situação de distinção comparando com os restantes casos analisados e que poderá levar à necessidade de encontrar soluções alternativas durante o processo de colocação dos módulos.

Para o bloco as várias distâncias entre vãos, lajes e pilares estão presentes nos projectos de arquitectura, em anexo A7, permitindo assim uma mais fácil visualização e melhor interpretação da arquitectura dos edifícios

5.1.8.2. Aspecto final da colocação dos módulos

Feito o processo de aplicação dos módulos nas fachadas, utilizando os desenhos de arquitectura, obtiveram-se 18 módulos de geometria distinta dos quais 10 incluem janelas de forma a substituir os vãos existentes na fachada original e 8 outros módulos que serão aplicados ao longo da fachada. A geometria desses módulos está apresentada no 5.21 e nos desenhos de arquitectura em anexo A7.

Quadro 5.21 – Descrição dos vãos utilizados no Conjunto de Habitações Sociais na Travessa de Salgueiros

Esquema dos módulos			
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
Descrição dos Módulos			
<p>Estes módulos são caracterizados por terem a mesma altura mas larguras diferentes, isto deve-se ao facto de na fachada existirem medidas muito distintas, que obrigam a utilizar módulos com larguras reduzidas. Foi ainda necessário entrar com módulos de altura reduzida, para fazer o encaixe dos módulos entre o primeiro piso e o R/Chão e o último piso e a cobertura.</p> <p>O encaixe destes módulos foi feito utilizando as linhas representativas de zonas de elementos estruturais, ainda através de linhas directivas da posição dos vãos, para não existirem problemas entre a montagem dos módulos que contém janelas e estes.</p> <p>Relativamente ao tipo de módulos que foram considerados pelo programa Annex 50, estes 8 módulos serão do tipo F2, pois será necessário a integração condutas para ventilação e de ductos para os tubos de queda.</p> <p>Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise</p>			

existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 56 módulos na fachada anterior;

Módulo 2 – 18 módulos na fachada posterior;

Módulo 3 – 56 módulos na fachada anterior; 8 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 8 módulos na fachada anterior;

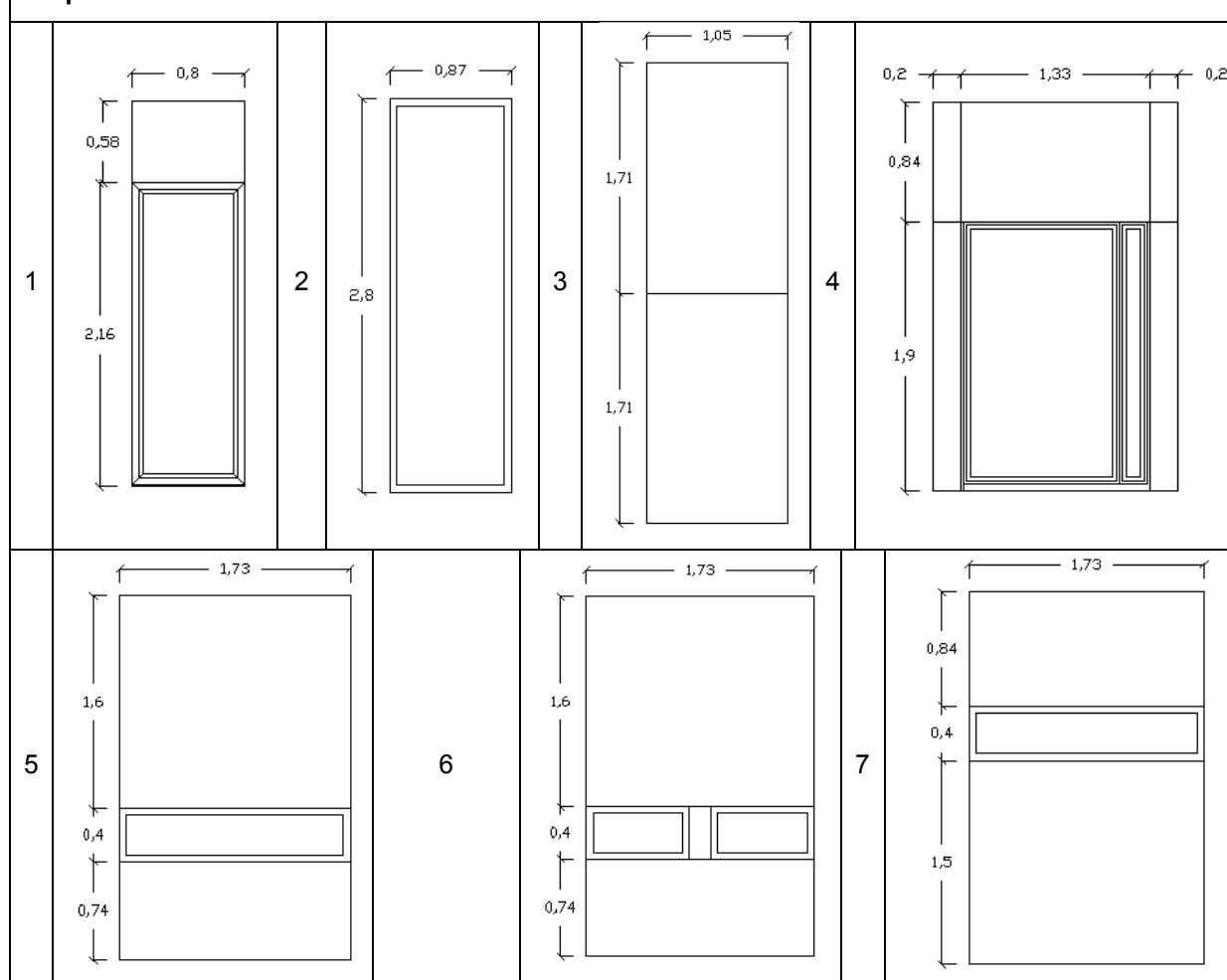
Módulo 5 – 8 módulos na fachada lateral;

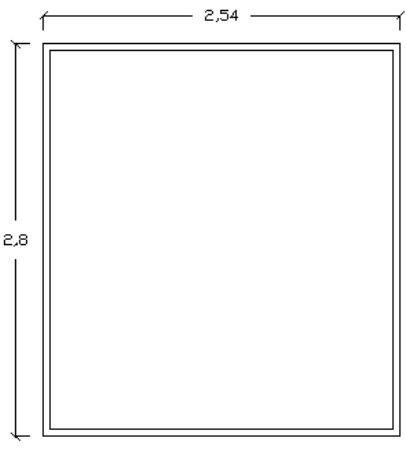
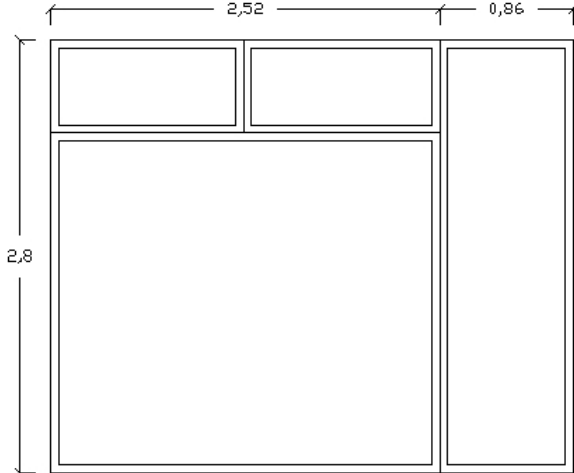
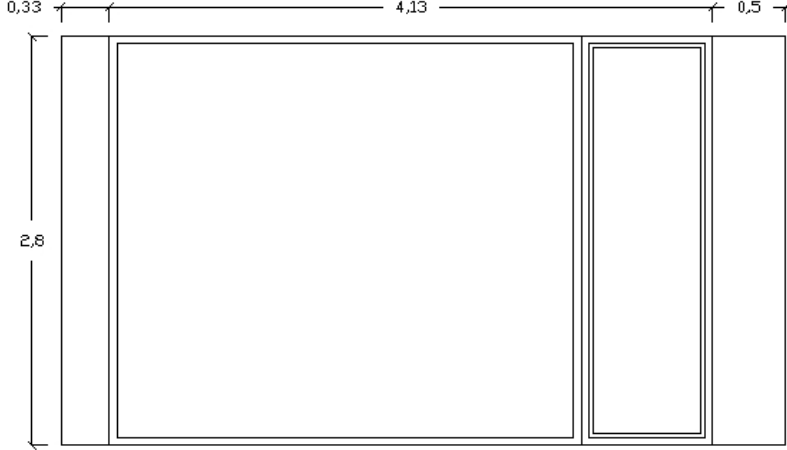
Módulo 6 – 4 módulos na fachada lateral;

Módulo 7 – 14 módulos na fachada anterior;

Módulo 8 – 28 módulos na fachada anterior.

Esquema dos módulos



8		9	
10			

Descrição dos Módulos

O grupo de módulos apresentado representa as dimensões dos módulos que serão usados para substituir os vãos existentes na fachada original.

Todos os módulos, exceptuando o módulo 3, serão do tipo F4 em que os módulos são totalmente pré-fabricado, ou seja, o desempenho das janelas não dependerá da colocação feita em obra, pois será apenas necessária realizar o encaixe dos módulos uns nos outros. As janelas colocadas deverão ter um desempenho superior às existentes na fachada, devendo por exemplo ser menos permeáveis, menos deformáveis ao vento, contemplar a existência de corte térmico, entre outras propriedades

No módulo 3 será usado o módulo proposto F5, que permite aproveitar a varanda existente na fachada criando um espaço em grandes envidraçados, permitindo no Inverno existir ganhos solares e no Verão funcionará como espaços abertos.

Cada um dos módulos terá um determinado grau de repetição, assim para o bloco em análise existe o seguinte número de módulos iguais:

Módulo 1 – 28 módulos na fachada anterior;

Módulo 2 – 13 módulos na fachada anterior;

Módulo 3 – 23 módulos na fachada posterior;

Módulo 4 – 1 módulo na fachada posterior;
Módulo 5 – 5 módulos na fachada posterior;
Módulo 6 – 2 módulos na fachada posterior;
Módulo 7 – 13 módulos na fachada posterior;
Módulo 8 – 1 módulos na fachada anterior;
Módulo 9 – 1 módulos na fachada anterior;
Módulo 10 – 1 módulo na fachada lateral;

5.1.9. CONCLUSÕES

Vista a aplicação dos módulos nos vários Bairros Sociais, foi possível perceber que existem sempre diferenças de um bloco para o outro, não sendo possível utilizar a mesma geometria para os módulos entre os vários Bairros Sociais. Este facto faz com que a produção em série não seja tão elevada de Bairro para Bairro como se pretendia, pois mesmo sendo elementos com a mesma finalidade a sua arquitectura é sempre diferente. Porém, sabendo que existem dentro dos Bairros Sociais, vários edifícios idênticos poderão ser produzidos vários módulos com dimensões semelhantes.

As dimensões consideradas pretenderam não ser muito reduzidas de forma a evitar problemas de execução dos módulos e de colocação em obra, e ao mesmo tempo não serem muito elevadas para não aumentar os custos de transporte e colocação. A utilização das linhas directrizes dos vãos, pilares e lajes para determinar a colocação dos módulos, foi feita de forma a facilitar a montagem dos módulos em obra.

Relativamente à utilização dos módulos do tipo F5, na geometria apresentada não incluem as dimensões da largura dos avanços, ou recuos da fachada, visto que em muitos casos não foi possível obter essas dimensões, no entanto será sempre necessário durante o processo de fabrico considerar essas distâncias.

Por último, como se verificou com este método de reabilitação é necessária uma análise exaustiva e cuidada das várias particularidades existentes no edifício, podendo levar a um aumento do tempo dispendido na fase de projecto devido a esta análise. Mas se a análise não for feita correctamente poderá originar graves problemas durante a aplicação dos módulos em obra, fazendo com que estes não “encaixem” pondo em causa toda a reabilitação proposta e aumentando o custo da solução.

5.2. ESCOLHA DE MATERIAIS A APLICAR NOS MÓDULOS PRÉ-FABRICADOS

5.2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

Um dos objectivos deste projecto é perceber quais as melhorias que vão ser introduzidas, nos Bairros, através da aplicação dos módulos pré-fabricados, para isso, é necessário perceber quais os tipos de materiais que serão aplicados na sua construção.

Neste caso como em qualquer projecto de edifícios é importante perceber quais as propriedades físicas dos materiais utilizados, pois só assim será possível escolher racionalmente um determinado material em detrimento de outros. As propriedades mais importantes quando se pensa em soluções para a envolvente exterior de um edifício, são aquelas que influenciam o desempenho higrotérmico, acústico e de luminosidade.

Existem ainda, aquelas propriedades que não se podem incluir nos aspectos físico-químicos, são normalmente as propriedades que se consideram como custos económicos ou ambientais (energéticos, recursos materiais, impacte nos ecossistemas, toxicidade). Ainda assim os custos estão na maior parte das vezes associados aos aspectos físico-químicos, como é o exemplo da densidade aparente que influência e muito os custos de transporte. Os custos económicos são os que, actualmente, mais condicionam a escolha de determinado material em detrimento de outro.

Posto isto, as propriedades que serão analisadas são aquelas que maiores implicações energéticas têm no desempenho de um edifício e aquelas que contribuem para a segurança do edifício. A lista que se segue enumera as propriedades que vão ser objecto de uma reflexão relativamente à sua importância para a escolha dos materiais a aplicar nos módulos pré-fabricados.

- Densidade aparente;
- Factor de resistência à difusão do vapor de água;
- Coeficiente de permeabilidade ao vapor;
- Resistência à compressão;
- Resistência à tracção;
- Condutibilidade térmica;
- Classe de resistência ao fogo;

A análise das propriedades passará por explicar em que consiste cada uma das propriedades referidas, e indicar em que sentido é que essa propriedade tem importância durante a escolha dos materiais para a construção dos módulos e como afectará o desempenho global dos módulos.

5.2.2. DENSIDADE APARENTE

A densidade aparente (ρ) é a relação entre o volume global ou aparente, inclui os espaços vazios, de um material com o seu peso. A densidade pode ser seca no caso dos espaços vazios estarem ocupados com ar (mínima aparente). No caso de estarem ocupados com água obtém-se a densidade saturada (máxima aparente).

Esta propriedade é muito importante na escolha dos possíveis materiais a aplicar nos módulos pré-fabricados, pois está relacionada com o peso final que esses módulos terão, o que condicionará o transporte e a colocação em obra, podendo aumentar ou diminuir o custo da reabilitação.

Consultando Pina dos Santos 1990 [24], é possível encontrar uma tabela em que se apresentam os valores da densidade aparente de alguns materiais.

Analisando a tabela, verifica-se que os materiais que têm densidade aparente mais elevada são o grupo associado a rochas e aqueles que têm o valor mais reduzido são, como seria expectável, o grupo dos isolamentos térmicos.

Relativamente às rochas há ainda a acrescentar que para além do seu peso ser mais elevado, normalmente têm um custo associado também mais elevado quando comparado com outras soluções. Logo a utilização de rochas como uma das camadas dos módulos pré-fabricados deverá ser muito bem estudado, para perceber se a relação custo-benefício é interessante e se vale a pena ponderar a sua utilização.

5.2.3. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

A condutibilidade térmica (λ) é uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos termicamente homogêneos, que eles estejam no estado sólido, líquido ou gasoso, e que representa a quantidade de calor (W) que atravessa 1m^2 de um material com uma espessura de 1m durante 1 hora, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura.

A existência de cavidades elementares, ocupadas por ar, influencia muito o valor de λ de um determinado material. Esta influência pode ser utilizada em favor do desempenho higratérmico, sendo por isso natural a existência de vários materiais em que se utilizam cavidades de forma propositada para melhor o seu desempenho.

Como é natural o comportamento de um determinado material não é de todo constante ao longo da sua vida útil, podendo este ser alterado devido a determinados factores tais como:

- Temperatura: geralmente o valor de λ diminui com o aumento da temperatura.
- Humidade: o aumento da humidade do material faz aumentar o valor de λ .
- Envelhecimento: alguns materiais isolantes contêm um gás com um λ mais baixo que o ar. Este gás com o tempo pode-se dispersar e dar lugar a ar o que faz com que o valor de λ diminua. Grande parte dos isolamentos térmicos tem definida uma vida útil de 25 anos.

Actualmente os materiais de construção são sujeitos a testes standardizados para se poder obter as suas características, por isso, para qualquer material estas estão bem definidas.

O valor de condutibilidade térmica é uma das propriedades mais importantes quando se pretende fazer a reabilitação térmica de um edifício. Quanto menor for este valor mais eficiente será o desempenho do material, no que se refere ao comportamento térmico, ou seja, no Verão não permitirá que exista sobreaquecimento no interior do edifício e durante o Inverno irá diminuir as perdas de calor.

Como seria expectável os materiais que têm um valor mais reduzido de condutibilidade térmica são os isolamentos térmicos e aqueles que têm os valores mais altos são os metais. Por isso, a utilização de metais poderá ser desaconselhável, no entanto esta situação deverá sempre ser cuidadosamente analisada, pois em alguns casos a sua utilização poderá resultar em situações benéficas para a solução.

No livro de Pina dos Santos 1990 e de Sánches 2005 encontram-se umas tabelas com os valores de condutibilidade térmica de alguns materiais de construção comuns, para temperaturas de projecto, para aplicação do RCCTE.

5.2.4. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

O conhecimento de qual o comportamento de um determinado material quando sujeito a acção de vapor de água é muito importante, para se perceber como são efectuadas as trocas de humidade na construção e assim saber quais os riscos de ocorrência de condensações ou de problemas relacionados com a existência de vapor de água nas construções.

O método mais utilizado, em engenharia civil, na análise dos riscos de ocorrência de condensações internas e na definição de regras de qualidade a que devem satisfazer os elementos construtivos, face à difusão de vapor, é o método de Glaser. Para se poder aplicar este método é necessário conhecer as condições climáticas do interior e do exterior ao elemento construtivo, as resistências térmicas superficiais e as características de permeabilidade das várias camadas de materiais que compõem o elemento construtivo, dadas pelos seus factores de resistência à difusão do vapor de água (δ) e coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (π).

O factor de resistência à difusão do vapor de água é um valor característico dos materiais, obtido pela relação entre a permeabilidade ao vapor de água do ar e a permeabilidade ao vapor de água do próprio material, que indica quantas vezes a resistência à difusão de um provete desse material é maior do que a lâmina de ar em repouso, de igual espessura e sujeita às mesmas condições ambientais.

O coeficiente de permeabilidade ao vapor de água de um material homogéneo representa a quantidade de vapor de água que, por unidade de tempo e espessura, atravessa por difusão um provete desse material, quando sujeito a uma diferença de pressão de vapor unitária entre as duas faces.

Os valores característicos de alguns materiais podem ser encontrados na fonte Freitas, 1998.

Analisando os valores das tabelas, constata-se que o elemento que tem uma resistência mais elevada à difusão do vapor de água é o vidro, neste caso esse valor tende para infinito como era de esperar, pois o vidro não permite a passagem de água em vapor ou em estado líquido. No outro extremo encontramos vários isolamentos térmicos, que apresentam um valor de resistência à difusão do vapor de água muito baixo e um coeficiente de permeabilidade ao vapor de água muito alto.

Os valores associados ao vidro fazem perceber que este poderá ser um material a utilizar como revestimento exterior dos módulos permitindo criar uma barreira forte a infiltrações de água, e protegendo assim o isolamento térmico, que caso esteja em contacto com água perde a sua eficiência. No entanto existem outras propriedades associadas ao vidro que deverão ser tomadas em atenção e que podem desaconselhar à sua utilização.

A utilização de um material com uma forte resistência à difusão do vapor de água associado a um espaço de ar fortemente ventilado, permite diminuir o risco de ocorrência de condensações no edifício, melhorando assim o desempenho da reabilitação proposta. Está situação estará sempre dependente da localização da camada na parede, podendo existir casos em que a sua utilização seja desaconselhável.

5.2.5. PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os materiais utilizados na construção estão sujeitos, durante a sua vida útil, a vários esforços o que torna necessário que estes tenham uma certa resistência para aguentar essas acções. Pois como se sabe, quando sujeitos a esforços e após atingirem o seu limite de deformação os materiais quebram. Quando está situação ocorre, diz-se que o material atingiu a ruptura. Se, durante o processo de ruptura se analisarem as tensões de deformações que se produzem, pode-se realizar um gráfico das tensões/deformações e definir os valores de tensão de ruptura e deformação de ruptura.

Como é sabido a ruptura dos materiais não se produz sempre com a mesma carga. Na generalidade dos materiais de construção passado um tempo da vida útil deste, a capacidade de carga vai diminuindo. Isto pode resultar da fadiga, que é a diminuição da resistência à ruptura dum material ou elemento construtivo submetido a cargas de intensidade e sinal variável, e/ou do cansaço, que resulta da diminuição da resistência à ruptura dum material ou elemento construtivo submetido a cargas permanentes muito elevadas.

A resistência de um material pode ser definida segundo o tipo de esforço ou deformação aplicada, podendo se definir os seguintes tipos de resistência mecânica:

- **Resistência à compressão:** exprime a capacidade resistente do material até ao colapso, quando sujeito à solicitação de uma carga de compressão (em MPa);
- **Resistência à tracção:** expressa a tensão de ruptura dum material quando sujeito a esforços de tracção (em MPa). É importante para o cálculo dos elementos horizontais e das estruturas tracionadas, como as suspensas ou pneumáticas;

- **Resistência à flexão;**
- **Resistência ao cisalhamento;**
- **Resistência à torsão;**
- **Resistência à flexo-tracção, flexocompressão, etc.**

Consultando Brazão Farinha 2000, Termolan Isolamentos; Grupo Amorim, encontram-se várias tabelas em que se apresentam valores da resistência à compressão e à tracção de alguns materiais.

Ao contrário do que acontece nos elementos estruturais as resistência à compressão e tracção não são propriedades fundamentais no caso dos elementos construtivos da envolvente exterior, porém têm importância em casos de soluções construtivas de paredes leves e mistas.

Outro aspecto importante é a resistência à fricção, à abrasão e aos desgastes superficiais, que se podem englobar numa propriedade designada dureza, que é a qualidade que alguns materiais apresentam de uma forte resistência a ser furados, riscados ou desgastados.

O facto dos objectos de estudo serem habitações sociais em que, como é sabido, existe um maior risco para que a manutenção seja descurada e o vandalismo também seja maior, quando comparado com outros tipos de edifícios de habitação, estas propriedades assumem uma importância maior, pois se os módulos utilizados não tiverem uma resistência mecânica elevada, existe uma grande probabilidade de que venham a ser degradados podendo originar patologias e diminuindo a eficiência da reabilitação aplicada.

Analisando os valores das tabelas referida anteriormente, os materiais com valores de resistência mais elevados são os metais, seguidos do grupo das rochas. Os materiais que apresentam valores mais baixos são os isolamentos térmicos. Estes valores não são uma surpresa, mas de qualquer forma fazem perceber qual a necessidade da aplicação de uma camada de protecção nos módulos, pois se o isolamento se encontrasse na face dos módulos era facilmente danificado, e como se explicou essa situação não é tolerável.

5.2.6. CLASSE DE RESISTÊNCIA AO FOGO

O comportamento, face ao fogo, dos materiais de construção é uma característica muito importante visto que uma má escolha de materiais pode poder em causa a segurança das pessoas. Por isso, os materiais são classificados em termos do seu contributo para a origem e desenvolvimento de incêndios, caracteriza-se por um indicador, denominado “reacção ao fogo”, que se avalia pela natureza, importância e significado dos fenómenos observados em ensaios normalizados a que o material é, para o efeito, submetido.

A classificação dos produtos de construção do ponto de vista da sua reacção ao fogo compreende as cinco classes a seguir indicadas:

- Classe M0 – materiais não combustíveis;
- Classe M1 – materiais não inflamáveis;
- Classe M2 – materiais dificilmente inflamáveis;
- Classe M3 – materiais moderadamente inflamáveis;
- Classe M4 – materiais facilmente inflamáveis.

Esta classificação está de acordo com as especificações do LNEC, no Decreto de Lei n.º 220/2008 no Anexo VI é possível encontrar as equivalências entre estas classes e classificação segundo o sistema europeu.

A escolha de materiais com boas características de resistência ao fogo é de vital importância, pois uma escolha não adequada poderá por em risco vidas humanas, o que é de todo inconcebível. E o facto de os elementos de estudo serem Bairros Sociais torna o risco ainda mais elevado, pois em grande parte das habitações existe uma sobrelotação, ou seja, moram por vezes várias famílias num mesmo apartamento, o que em caso de incêndio pode aumentar a dificuldade de fuga e que se for associado a materiais que facilitam a propagação de chamas e fumo poderá ser uma catástrofe.

Tendo em conta o referido, a utilização de madeiras sem tratamento adequado ou de borrachas sintéticas na fabricação dos módulos deve ser evitada, pois são materiais com uma classe de reacção ao fogo M3 ou M4. Já os isolamentos térmicos, as pedras, os betões e os metais têm na sua maioria um bom comportamento relativamente a acção do fogo.

5.2.7. ESCOLHA DOS MATERIAIS

Depois de uma reflexão sobre as propriedades dos materiais, mais importantes, a ter em consideração na escolha dos materiais a aplicar nos módulos pré-fabricados, é possível agora apresentar uma lista de materiais que se enquadram e apresentam um conjunto de características que poderão aumentar o desempenho da solução de reabilitação.

Os materiais foram divididos em diferentes classes para facilitar a tarefa de análise e comparação entre os vários materiais, de forma a ser mais fácil se entender qual o material que deve ser escolhido para aplicação. Temos assim oito classes distintas:

- Isolamentos térmicos;
- Pedras (incluindo juntas de assentamento);
- Betões e compostos de cimento;
- Madeiras e derivados;
- Metais;
- Polímeros;
- Revestimentos;
- Vidro;

O objectivo principal deste trabalho não passa por perceber quais os materiais que se devem aplicar nos módulos, por isso, os exemplos aqui referidos são apenas demonstrativos de alguns materiais que poderiam ser aplicados, visto que existem hoje em dia um sem número de materiais que podem ser utilizados na construção com desempenho igual ou superior a qualquer um dos assinalados no quadro A9, que se encontra em anexo.

Mas analisar todos os materiais que poderiam ser utilizados na fabricação dos módulos pré-fabricados, dava para desenvolver um outro trabalho, por isso, fica aqui apenas uma breve explicação de quais as propriedades mais relevantes na escolha dos materiais e alguns exemplos de que tipos de materiais poderiam ser aplicados.

5.3. ANÁLISE DAS MELHORIAS INTRODUZIDAS PELA REABILITAÇÃO

5.3.1. GENERALIDADES

Neste ponto do trabalho pretende-se perceber de uma forma genérica quais as melhorias que resultariam, no desempenho térmico, dos vários edifícios aquando da aplicação da reabilitação sugerida. Esta análise será feita de forma genérica, pois não tendo sido definida a constituição,

nomeadamente os materiais e as várias camadas, a utilizar nos módulos não será possível fazer uma análise das melhorias efectivas que a reabilitação poderá introduzir.

Dito isto, serão apenas referidas um conjunto de melhorias que no caso de se saber a constituição dos módulos, seriam possíveis de determinar de forma concreta e não apenas abstracta como será feito neste trabalho.

Tendo sido as fachadas dos edifícios, o principal alvo de análise da inclusão dos módulos pré-fabricados, as melhorias a que se fará referência serão aquelas que estão ligadas à aplicação da reabilitação nas fachadas, podendo contudo em algumas situações surgir referências que englobariam outras medidas, como o reforço de isolamento de pavimento ou de coberturas.

As principais melhorias que poderão ser introduzidas através da aplicação dos módulos nas fachadas dos edifícios serão:

- Reforço do isolamento térmico conferido pela envolvente;
- Reforço da protecção solar;
- Controlo das infiltrações de ar;
- Melhoria da qualidade de ar interior;
- Resolução de algumas das patologias existentes no edifício.

O reforço da protecção térmica passará pelo aumento do isolamento térmico das fachadas e o reforço da protecção solar será feito através do controlo dos ganhos solares pelos envidraçados, adequando os ganhos às necessidades de arrefecimento e aquecimento consoante a época do ano em que se encontre.

O controlo das infiltrações de ar será efectuado pela colocação de módulos que contêm envidraçados, caixilharias de alto desempenho, substituindo as existentes.

A qualidade de ar interior está ligada à existência de determinado número de renovações horárias do ar existente dentro de um apartamento, assim a introdução, através dos módulos, de ventilação natural permitirá melhorar em muito este aspecto.

A aplicação da reabilitação poderá permitir a resolução de várias patologias existentes, como o facto de existirem fissuras nas fachadas, que serão ocultadas durante a aplicação dos módulos, ou a existência de condensações no interior dos vários apartamentos.

Como se percebe as potencialidades na aplicação da reabilitação proposta são várias, e resultarão de um aumento da eficiência energética do edifício, da qualidade da construção e das condições de habitabilidade.

5.3.2. REFORÇO DO ISOLAMENTO TÉRMICO

O reforço do isolamento térmico é das melhorias introduzidas pela reabilitação, aquela que mais contribui para o aumento da eficiência energética, pois irá permitir a diminuição de um consumo de energia e ao mesmo tempo um aumento do conforto térmico. Neste caso o método utilizado para o reforço é a aplicação de isolamento térmico pelo exterior.

A aplicação do isolamento térmico pelo exterior, através de módulos pré-fabricados, tem várias vantagens, sendo algumas delas as seguintes:

- Isolamento térmico mais eficiente;
- Redução das pontes térmicas, diminuindo também o risco de ocorrência de condensações;
- Manutenção das dimensões dos espaços interiores;

- Conservação da Inércia térmica das paredes;
- Diminuição do risco de fendilhação dos revestimentos, visto que este não é contínuo mas repartido em vários módulos;
- A sua colocação não perturba o normal funcionamento das habitações;
- Os possíveis constrangimentos arquitectónicos foram já avaliados e superados não constituindo um problema.

O isolamento térmico mais eficiente será traduzido pelo aumento do valor da resistência térmica, resultante da utilização dos módulos com várias camadas, uma camada de revestimento exterior com elevada resistência ao choque, uma caixa-de-ar ventilada, que permitirá proteger o isolamento térmico da acção da água, e depois uma camada com o isolamento térmico propriamente dito que fará com que o valor do coeficiente de transmissão térmica da fachada seja reduzido diminuindo as perdas superficiais da envolvente do edifício.

O facto de os módulos serem aplicados em toda a envolvente e permitindo um encaixe perfeito na zona associada aos vãos envidraçados, fará com que as pontes térmicas sejam suprimidas, visto que o isolamento térmico estará presente em toda a envolvente, esta situação ficará dependente do tipo de módulo que for aplicado. Sendo as pontes térmicas, um dos principais problemas associados às perdas térmicas, a supressão destas fará com que o desempenho térmico do edifício seja muito superior. Outro factor associado às pontes térmicas, é o facto de serem pontos onde normalmente surgem condensações superficiais interiores, logo se estas forem resolvidas pelo exterior fará com que o aparecimento dessas condensações no interior dos apartamentos seja muito reduzido e em alguns casos mesmo nula.

Outro factor importante no comportamento térmico de um edifício é a Inércia Térmica, que se caracteriza pela capacidade que um edifício tem de reter e atrasar o efeito da onda de calor a que é submetido, sendo assim, visto que aplicando o isolamento térmico pelo exterior permite manter a inércia térmica das paredes é uma mais-valia para a solução de reabilitação.

Por último, o facto de os módulos serem aplicados pelo exterior fazem com que o espaço no interior dos apartamentos, que por vezes em Bairros Sociais já não é muito grande, não seja reduzido. E ainda permite que a colocação seja feita sem perturbar o normal funcionamento das habitações.

5.3.3. VÃOS ENVIDRAÇADOS

Como foi referido uma das propostas de reabilitação consiste na utilização de módulos que contêm vãos envidraçados, que permitirá substituir os existentes na fachada, que na sua maioria são de baixa qualidade e põem em causa a eficiência energética do edifício.

As caixilharias a aplicar nesta reabilitação poderão ser metálicas, visto que nos Bairros Sociais não existe a preocupação de manter a caracterização arquitectónica do edifício e na maioria dos casos estes já têm caixilharias metálicas.

Visto que o vão envidraçado estará incluído num módulo pré-fabricado, fará com que a janela fique complanar com o isolamento térmico da parede não existindo problemas de pontes térmicas associados ao contorno dos vãos.

Outra melhoria introduzida pela reabilitação é a diminuição da permeabilidade de ar, tendo para isso o cuidado de na aplicação da caixilharia nos módulos vedar todo o seu contorno não permitindo infiltrações de ar indesejadas, e na escolha da própria caixilharia é importante verificar que esta tem

nas suas propriedades perfeitamente identificado qual o seu desempenho quando à permeabilidade ao ar.

Ainda relativamente às características das exigências de desempenho dos vãos envidraçados, será importante escolher uma caixilharia que tenha uma baixa deformabilidade ao vento e seja estanque à água.

Outro aspecto que será alvo de uma melhoria significativa durante a reabilitação, é o conforto acústico do edifício, que na escolha do vidro, quer na escolha da caixilharia deverão ser escolhido elementos que aumentem o valor de R_w relativamente a soluções de envidraçados existentes.

Por último, durante a reabilitação terá de ser tido em conta os ganhos solares pelos vãos envidraçados. Será importante introduzir dispositivos de protecção solar, neste caso da reabilitação a introdução destes elementos será pelo interior, visto que pelo exterior os módulos não prevêem a aplicação destes dispositivos. Na escolha dos vãos a aplicar deverão ser tidos em conta os factores solares dos vãos envidraçados, o valor do coeficiente de transmissão térmica que deverá ter um valor não superior a $2,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}^\circ$ e ainda deverá ter uma transmissão luminosa superior a 0,70. Estas soluções permitem tirar um maior proveito da luminosidade natural e ao mesmo tempo diminuir as perdas térmicas associadas aos vãos envidraçados,

Uma das propostas da reabilitação, quando aplicável, é a criação de zonas com grandes envidraçados aproveitando a arquitectura dos Bairros, que irão criar espaços tipo “estufa” ou “solário” permitindo aumentar os ganhos solares durante o Inverno. A aplicação deste método em zonas comuns, como foi proposto em vários bairros, é uma solução para reduzir os espaços não aquecidos e aumentar assim a eficiência energética. Durante o Verão os envidraçados deverão ser abertos para não causarem sobreaquecimento das habitações.

5.3.4. VENTILAÇÃO NATURAL

Uma das particularidades dos módulos pré-fabricados propostos para a reabilitação é o facto de estes possibilitarem a colocação de condutas que permitam a criação de ventilação natural. Visto que durante a aplicação dos vãos envidraçados, a permeabilidade ao ar destes será reduzida, é fundamental criar outras formas de ventilação para assegurar os caudais mínimos de ventilação dos espaços.

Se a ventilação não for assegurada, a qualidade do ar interior fica muito degradada podendo originar graves problemas de saúde e desconforto durante a permanência dentro dos espaços não ventilados. Outro problema associado à falta de ventilação é o aparecimento de patologias no interior das habitações.

Tendo isto em conta, durante a aplicação dos módulos deverão se ter os seguintes cuidados, de forma a possibilitar a utilização de ventilação natural:

- Aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais;
- Passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviços;
- Aberturas de evacuação de ar dos compartimentos de serviço, ligadas a condutas colectivas de evacuação de ar para o exterior;

A colocação das aberturas de admissão de ar nos compartimentos principais deve ser cuidadosamente escolhida, de forma a evitar correntes de ar e de modo a que não possam ser obstruídas por móveis ou elementos decorativos. Neste caso a colocação das aberturas deverá ser feita acima dos vãos existentes na fachada.

Para que a ventilação não seja excessiva, podendo levar as pessoas a tapar os buracos para ventilação, serão utilizadas entradas de ar de secção variável que são accionadas por acção do vento, são as chamadas aberturas auto-reguláveis. Deverá ainda ser instaladas protecções acústicas nas entradas de ar, pois a grande maioria dos Bairros Sociais localizam-se em zona de grande movimentação.

As aberturas de passagem de ar dos compartimentos principais para os compartimentos de serviço, serão realizados através do aumento das folgas inferiores ou laterais das portas interiores.

Nas cozinhas a abertura de evacuação de ar será localizada sobre o fogão dentro da embocadura da chaminé. Já nas instalações sanitárias será localizada pelo menos a 2 metros de altura e o mais afastado possível da porta de acesso.

Com a ventilação assegurada, o risco de ocorrerem condensações dentro da habitação é reduzido ainda mais aliado ao facto de as pontes térmicas terem sido já tratadas com a colocação dos módulos pré-fabricados pelo exterior da parede.

No anexo A9, encontra-se o dimensionamento das aberturas para a ventilação natural, num apartamento tipo do Bairro da Belavista, pretende-se com isto explicar a forma como esse dimensionamento deve ser realizado para os restantes casos.

6

CONCLUSÕES

6.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Com este trabalho pretendeu-se perceber qual a aplicação da técnica de reabilitação térmica proposta pela Agência Internacional de Energia, no programa Annex 50, no âmbito do parque habitacional português nomeadamente nos Bairros Sociais. Sendo a técnica de reabilitação proposta pelo programa, a utilização de módulos pré-fabricados, foi necessário perceber quais as principais características associadas a este método construtivo.

Da análise realizada verificou-se que o método construtivo proposto é um método distinto das soluções tradicionais de reabilitação térmica, introduzindo um conjunto de novas ideias que poderão ser benéficas para a reabilitação térmica, como por exemplo, a integração nos módulos pré-fabricados, para as fachadas, de tubagens para ventilação e de janelas.

Em Portugal, ainda existem algumas barreiras à utilização da pré-fabricação na construção, mas como se verificou, neste estudo, a utilização deste método construtivo trás enormes vantagens, sejam elas ao nível económico, ambiental ou de segurança. Por isso, será necessário ultrapassar as barreiras colocadas por vários intervenientes no processo construtivo, para que a pré-fabricação passe a ser uma solução futuro a utilizar na construção portuguesa.

A utilização da pré-fabricação fora de Portugal, já se encontra muito desenvolvida e é utilizada frequentemente aliada ao processo de construção tradicional. Em Portugal a sua utilização é ainda diminuta e representa uma pequena parte do processo construtivo, sendo utilizada esporadicamente e com principal incidência em elementos estruturais.

De todos os módulos propostos pelo Annex 50, aqueles que podem levantar maiores dificuldades na sua aplicação, são os das fachadas visto que é aí que se encontra o maior número de particularidades arquitectónicas dos edifícios. Assim, o estudo feito pretendeu determinar até que ponto a utilização dos módulos pré-fabricados nas fachadas dos Bairros Sociais seria possível, e como se constatou existem inúmeras dificuldades para aplicação desses módulos, desde a existência de vãos até aos avanços e recuos existentes na fachada. Estas particularidades deram origem à utilização de vários módulos com dimensões e geometria distinta.

O processo de “encaixe” dos módulos, nos desenhos de arquitectura, é bastante demorado e terá que ser feito com todas as cautelas, tendo sempre a noção que qualquer erro durante este processo, poderá ser fatal na hora da implementação da reabilitação em obra, sendo que, caso o “encaixe” dos módulos não tenha sido correctamente efectuado em projecto, poderá significar um aumento do custo associado à solução de reabilitação, resultante da necessidade de fabricação de módulos com geometrias distintas das iniciais e de ser necessário refazer todo o processo.

Ainda referente aos módulos, percebeu-se que existem propriedades que são mais relevantes na escolha dos materiais a aplicar na sua construção, sendo que, devido ao facto de o estudo ter sido feito para os Bairros sociais, as características de resistência dos materiais ao choque assumem um papel de relevância que em outras situações não seria tão grande.

O estudo recaiu sobre os Bairros Sociais, pois é um tipo de construção que têm as suas tipologias claramente identificadas, grande parte necessita de reabilitação térmica e ainda existe o facto de dentro de cada bairro existirem vários blocos idênticos, o que é uma mais-valia para o processo de reabilitação em estudo. No entanto, conclui-se que a possibilidade de aplicação de módulos, com dimensões semelhantes, entre os vários bairros é muito limitada, visto que mesmo servindo para o mesmo fim, existem diferenças relevantes na sua arquitectura. Pode-se assim concluir, que a produção em série dos módulos é mais limitada do que aquela que se pretendia obter, que passava pela utilização de módulos iguais de uns bairros para os outros. No entanto, dentro de cada bairro existem vários blocos com características semelhantes, facto que permite aumentar a produção em série, tornando assim o processo mais viável.

A amostra dos Bairros Sociais utilizada, pretendeu ser significativa de forma a poder incluir o maior número de bairros e blocos com características semelhantes. Os bairros escolhidos pretendiam englobar não só os Bairros do Porto e de Vila Nova de Gaia, mas todos os bairros do país que possuem características idênticas às estudadas.

Por último, verificou-se que a utilização deste método de reabilitação nos Bairros Sociais, ou em outro edifício, trará inúmeras melhorias, sejam elas de aumento da eficiência energética, aumento do conforto ou da qualidade do ar interior. Sendo por isso, uma solução viável e que deverá ser tida em conta quando se pensar em processos de reabilitação térmica.

Uma das principais dificuldades na realização desta dissertação, foi o acesso à totalidade dos projectos dos vários Bairros Sociais e ainda o facto, de sendo uma proposta relativamente recente, ainda não existirem soluções concretas, ao nível português, para a construção dos módulos, o que limitou a análise das melhorias a um estudo genérico, sem ser possível obter valores concretos relativamente às melhorias que poderiam ser introduzidas.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Ao nível de desenvolvimentos futuros, o principal trabalho que fica por realizar, é o desenvolvimento de um sistema para os módulos pré-fabricados, ou seja, desenvolver uma série de soluções que poderão ser utilizadas nos módulos especificando, quais as várias camadas que o compõem, o tipo de ligações a considerar entre estes, e perceber até que ponto a fabricação desses módulos é possível em Portugal. Só assim se conseguirá fazer uma análise técnico-económica da aplicação deste método de reabilitação, percebendo exactamente quais os custos associados à sua fabricação, ao seu transporte e colocação em obra e quais as melhorias reais que poderão ser introduzidas pela reabilitação nos edifícios em que esta se aplique.

Deverá ainda, ser feito o levantamento de Bairros e conjuntos habitacionais com tipologias claramente identificadas, e que sejam semelhantes aqueles que foram aqui estudados, para assim se perceber até que ponto será possível fazer uma produção em série dos módulos pré-fabricados.

Como se verifica ainda existe muito a desenvolver na metodologia em causa, mas acredita-se que o presente trabalho motiva ao desenvolvimento de trabalhos que possam permitir verificar todas as potencialidades do método em estudo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direcção Geral de energia, *Eficiência Energética de Edifícios*, Ministério da Economia. Fevereiro 2002.
- [2] Cabrita, A. R.; Appleton, J. (1997). *Guião de apoio à reabilitação de edifícios habitacionais* (Vol. I). Lisboa: LNEC.
- [3] Córias, V.; Fernandes, S. (2007). Reabilitação Energética dos Edifícios. *Pedra & Cal*, p. 8.
- [4] Appleton, J. (2009). Congresso LiderA 09: Novas oportunidades para a construção sustentável. *Reabilitação Sustentável*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- [5] ITIC. (2008). *O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios*. Instituto Técnico para a Indústria da Construção, Portugal.
- [6] ADENE (2004). *Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais*. Lisboa: DGGE
- [7] Henrique, F. (2007). *Reabilitação Térmica de Edifícios*, Alambi.
- [8] Sabbatini, Fernando Henrique, "Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia". Tese de Doutoramento, USP-PCC, São Paulo (1898), 336p.
- [9] Branco, José da Paz. Introdução. In *Algumas notas sobre prefabricação*, pp. 1-6, LNEC, Lisboa, 1977.
- [10] Gomes, Rui José. *Perspectivas da pré-fabricação na construção de habitação*, LNEC, Lisboa, 1952
- [11] Couto, Armanda Bastos, Couto, J. Pedro. *Vantagens produtivas e ambientais da pré-fabricação*, Conferências de Engenharia "ENGENHARIAS'07", 4, 2007, Covilhã, pp.1-5, Inovação e desenvolvimento.
- [12] <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/131/artigo73352-3.asp>. Março de 2010
- [13] http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/simone_maciel/materiais/SISTEMA_DE_PR_FABRICA_O_Aula_1_SIMONE.ppt. Março de 2010
- [14] <http://www.genconpacific.com/Web%20Pictures/Concrete%20Pictures/Tilt%20Ups/Tilt%20Up%20Panel%203.jpg>. Março de 2010
- [15] Wadel, Gerardo. *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. Dissertação de Doutoramento, Universidad Politécnica de Catalunã, 2009.
- [16] http://www.usace.army.mil/History/PublishingImages/Vignettes/074/japan_hut.jpg. Março de 2010
- [17] <http://exhibits.mannlib.cornell.edu/prefabhousing/images/large/Lustron.jpg>. Março de 2010
- [18] http://farm1.static.flickr.com/48/138726962_939cf3b13b.jpg?v=0. Março de 2010
- [19] http://img.slate.com/media/1/123125/2079215/2180541/2197175/2197177/1_ZipUp.jpg. Março de 2010
- [20] <http://www.construir.pt/2008/08/15/pr-fabricao-frmula-de-sucesso/>. Abril de 2010
- [21] <http://www.pregaia.com/>. Abril de 2010

[22] <http://www.pavicentro.pt/>. Abril de 2010

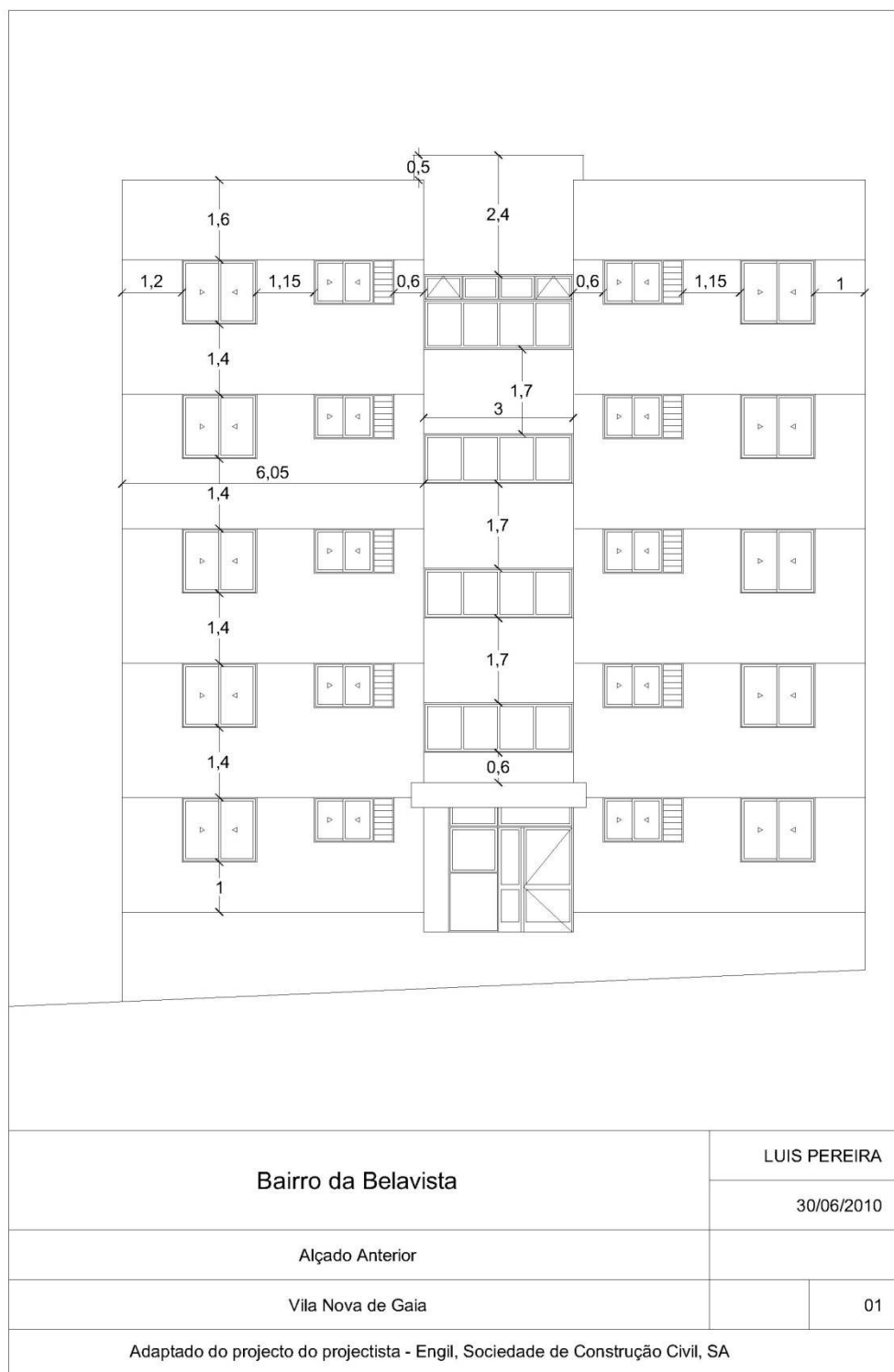
[23] <http://maps.google.pt/maps?ct=reset>. Abril de 2010

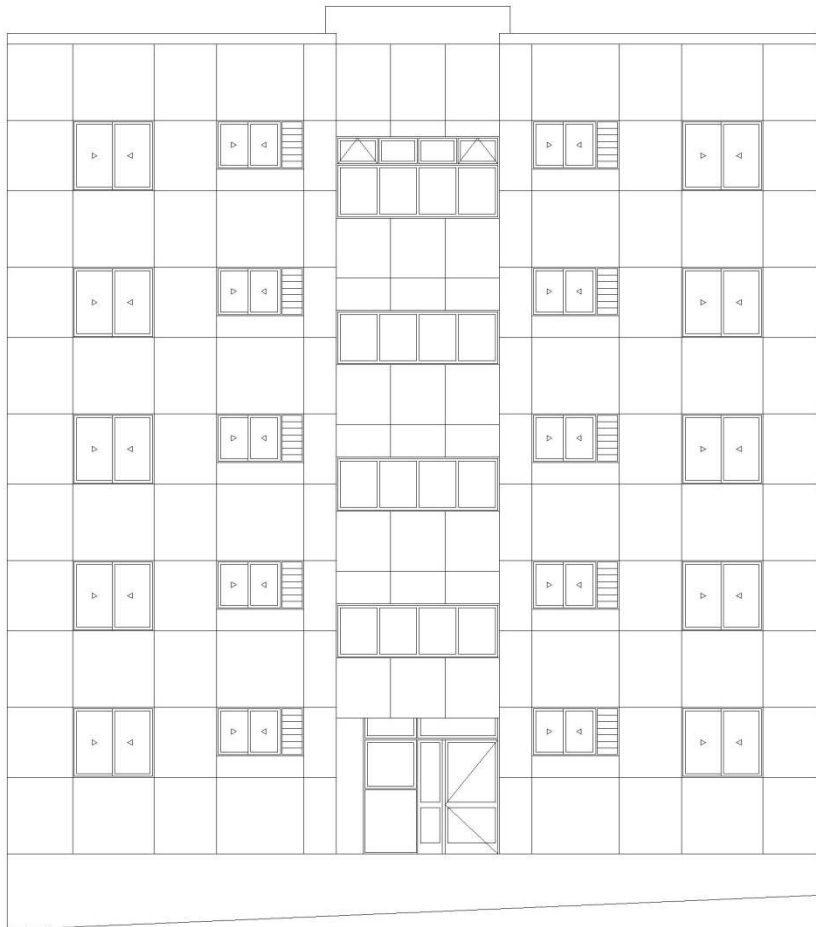
[24] <http://exhibits.mannlib.cornell.edu/prefabhousing/images/large/Lustron.jpg>. Março de 2010

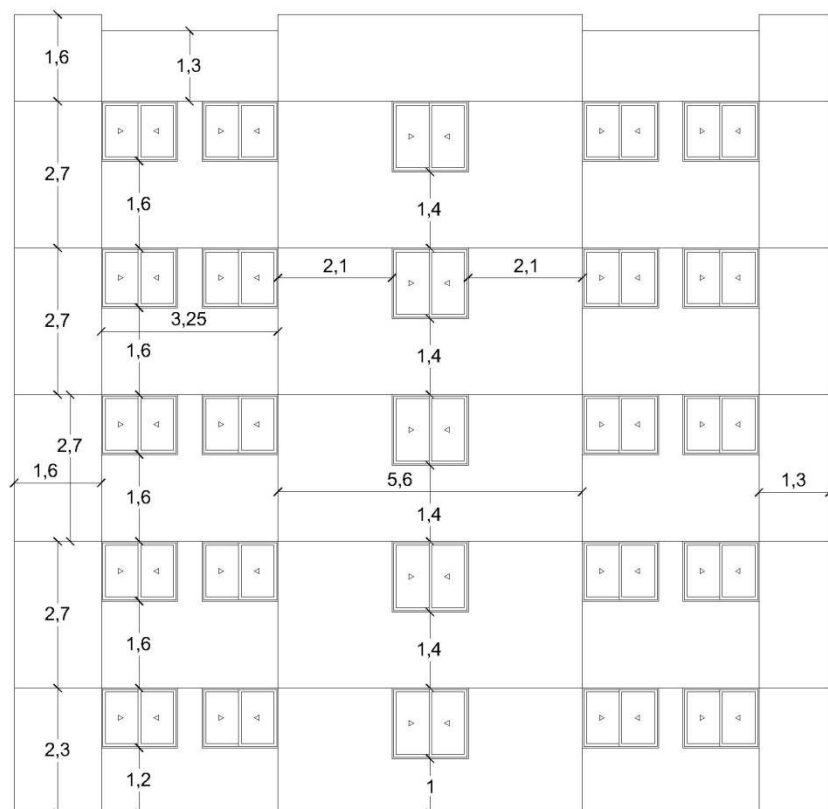
ANEXOS

A1

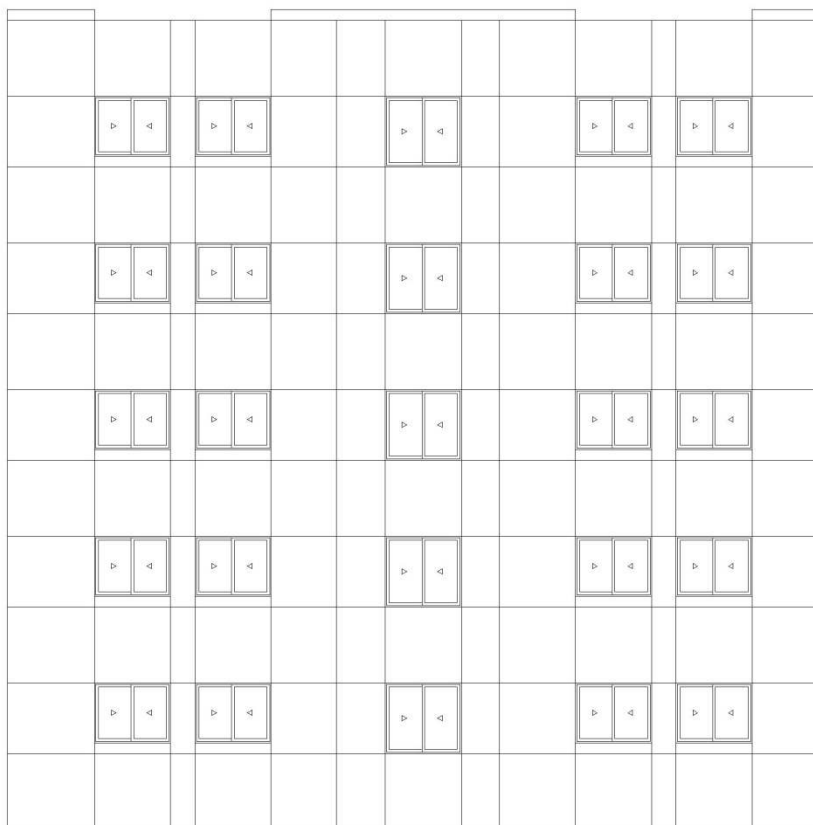
BAIRRO DA BELAVISTA



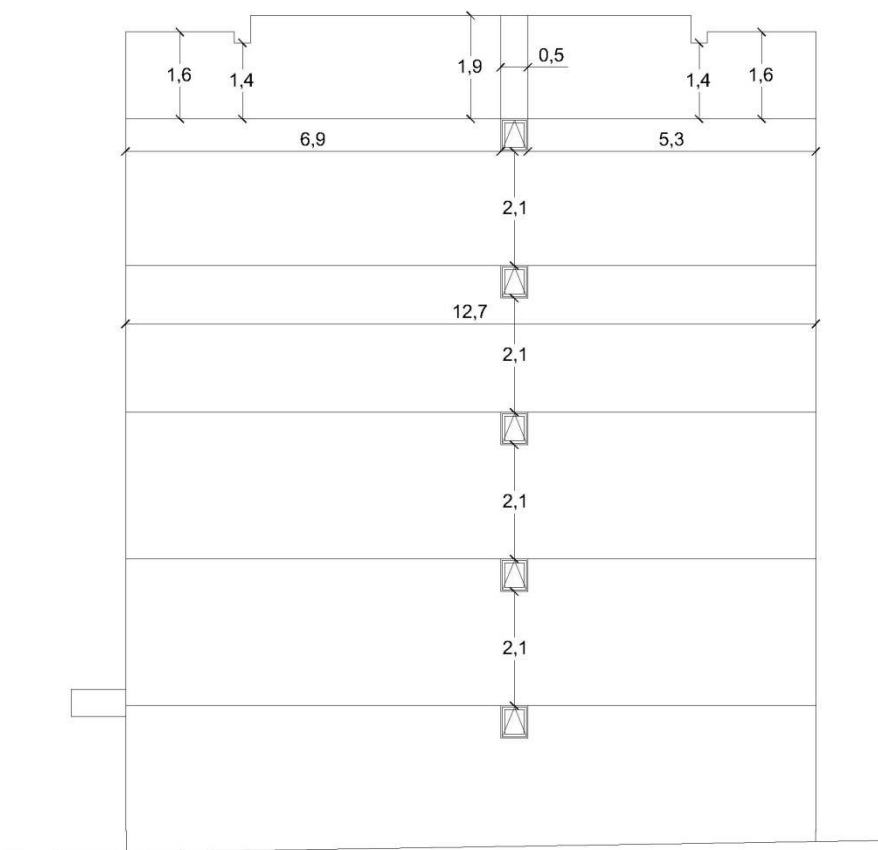
			
Bairro da Belavista			LUIS PEREIRA
			30/06/2010
Alçado Anterior - Aplicação de Módulos			
Vila Nova de Gaia			02
Adaptado do projecto do projectista - Engil, Sociedade de Construção Civil, SA			



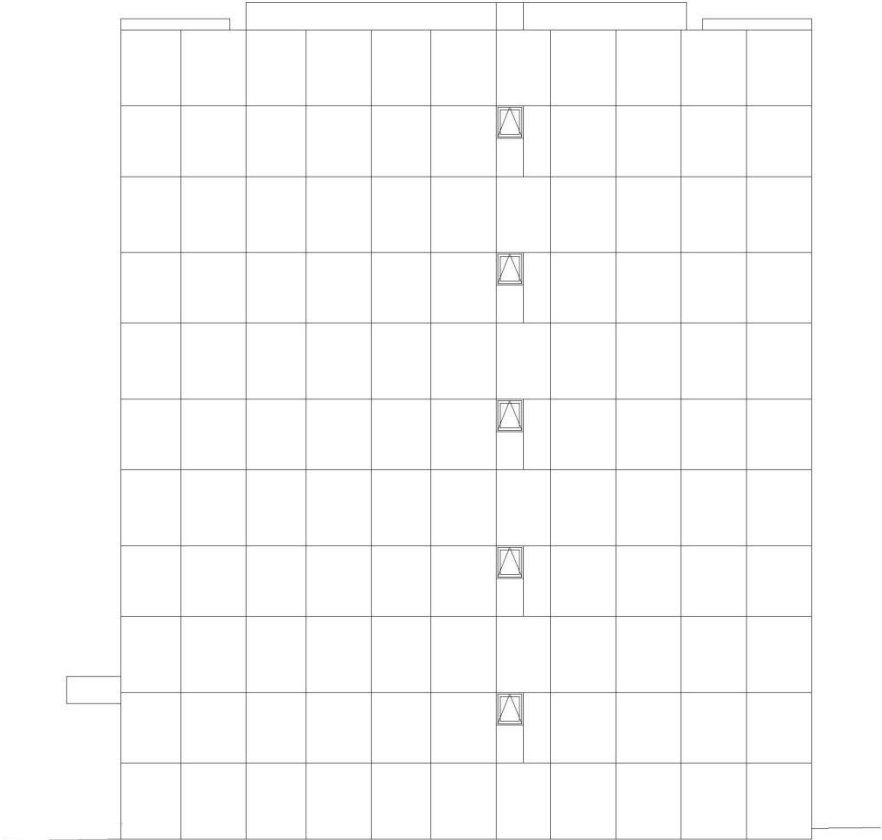
Bairro da Belavista	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior		
Vila Nova de Gaia		03
Adaptado do projecto do projectista - Engil, Sociedade de Construção Civil, SA		



Bairro da Belavista	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Vila Nova de Gaia		04
Adaptado do projecto do projectista - Engil, Sociedade de Construção Civil, SA		

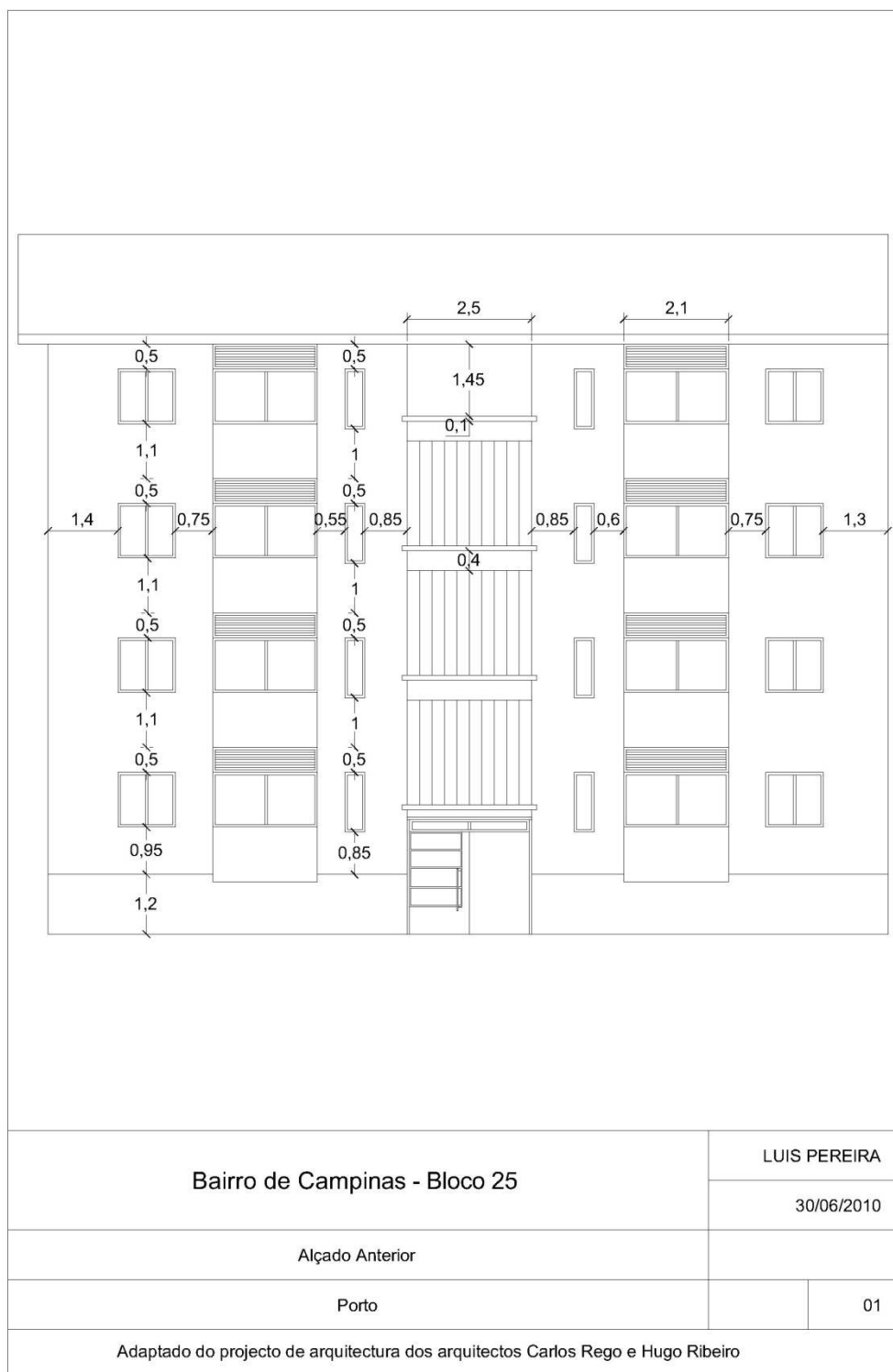


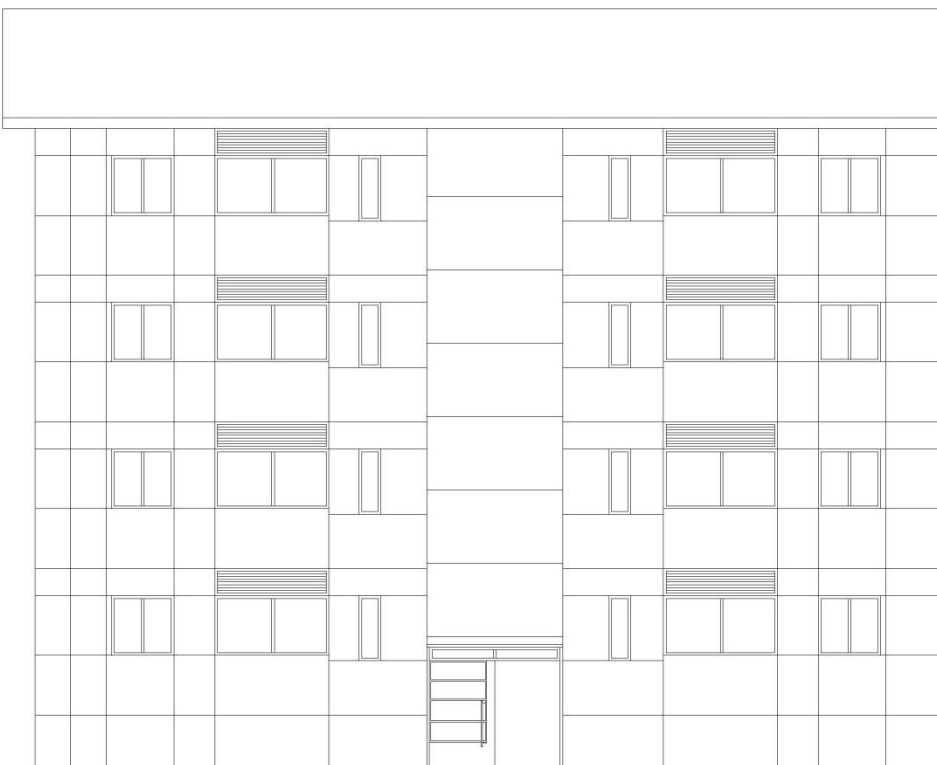
Bairro da Belavista	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral		
Vila Nova de Gaia		05
Adaptado do projecto do projectista - Engil, Sociedade de Construção Civil, SA		

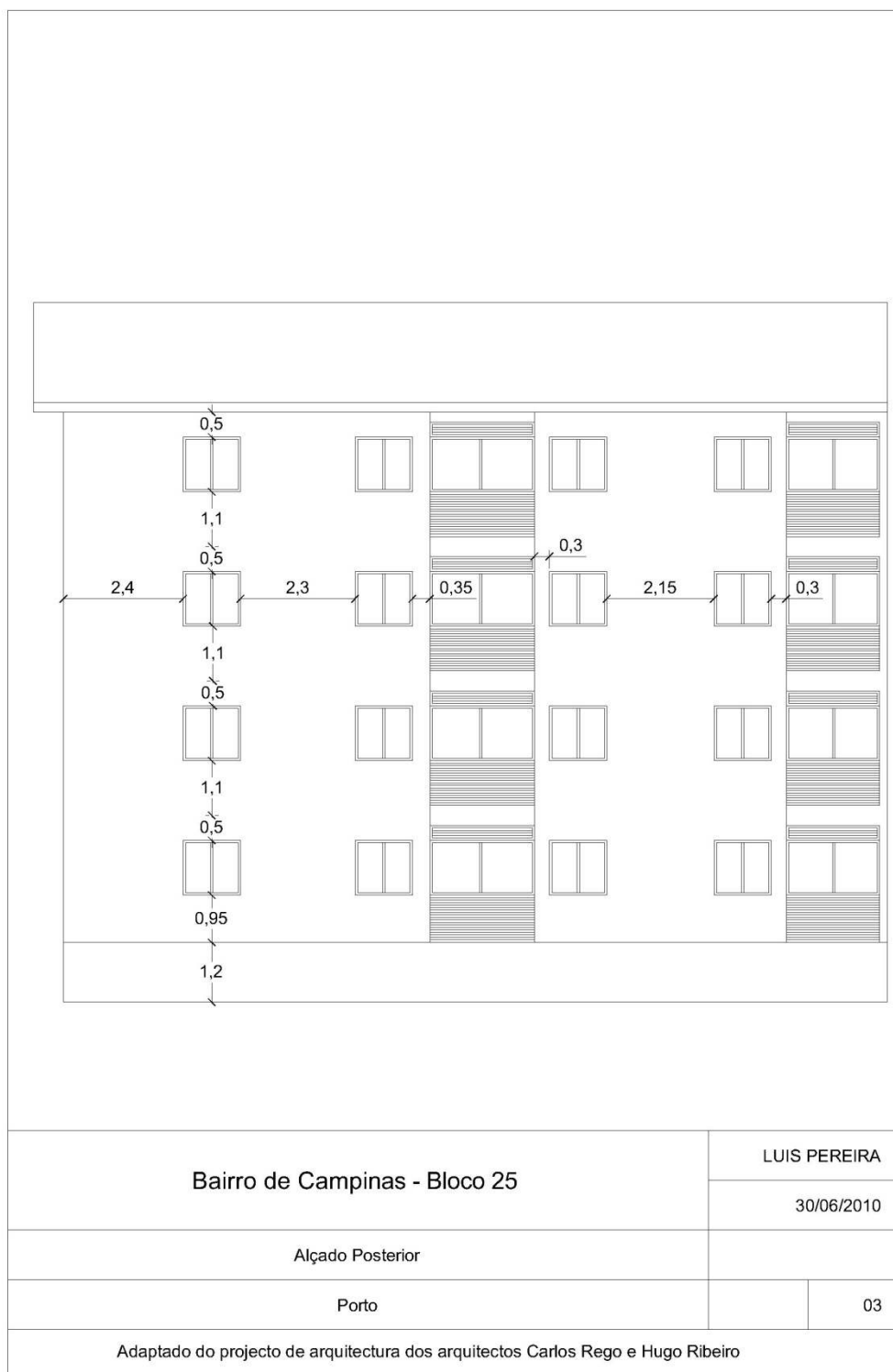
									
Bairro da Belavista								LUIS PEREIRA	
								30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos									
Vila Nova de Gaia									06
Adaptado do projecto do projectista - Engil, Sociedade de Construção Civil, SA									

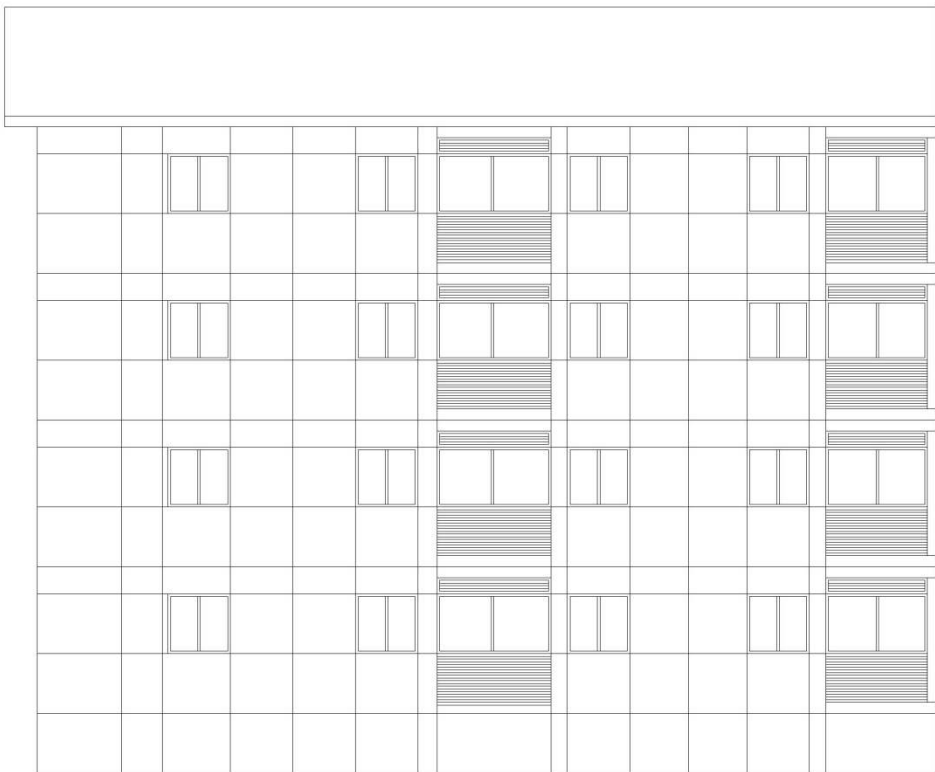
A2

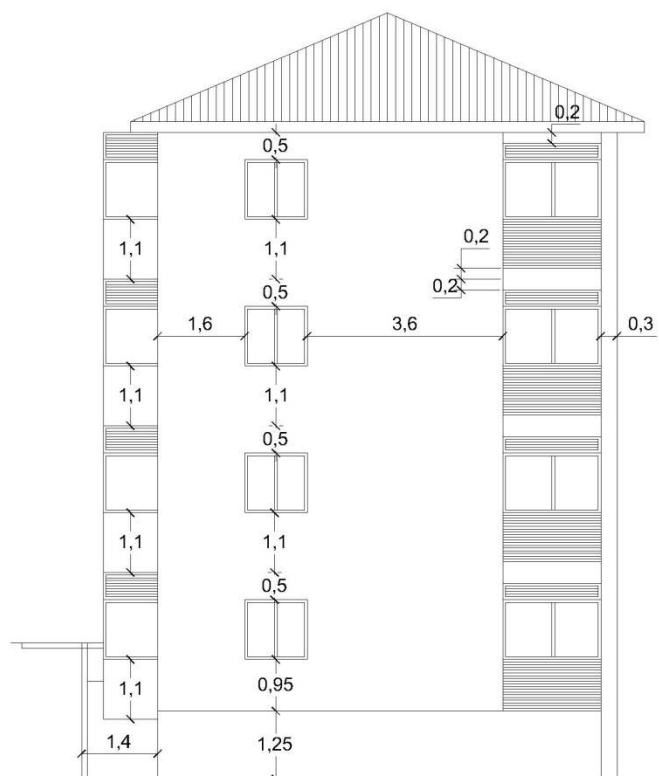
BAIRRO DE CAMPINAS



			LUIS PEREIRA	
			30/06/2010	
Bairro de Campinas - Bloco 25				
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos				
Porto				02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro				



											
Bairro de Campinas - Bloco 25										LUIS PEREIRA	
										30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos											
Porto											04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro											



Bairro de Campinas - Bloco 25

LUIS PEREIRA

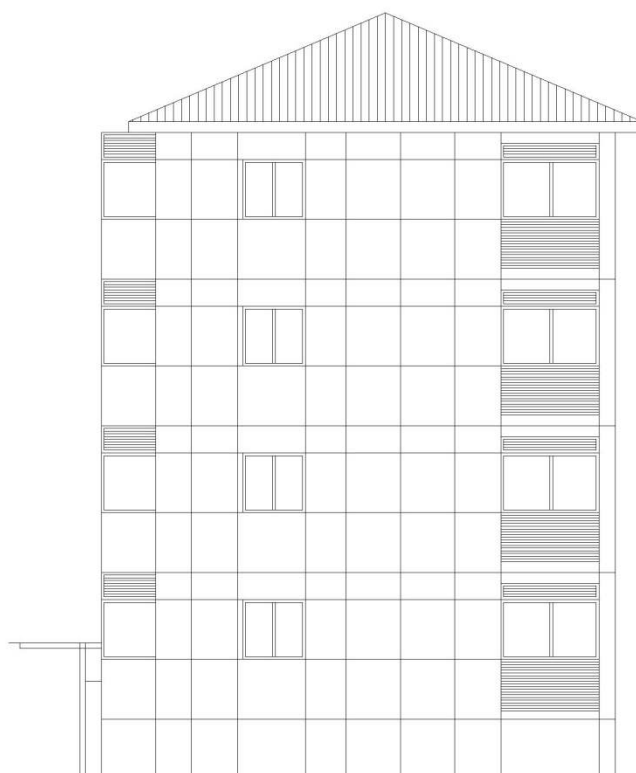
30/06/2010

Alçado Lateral

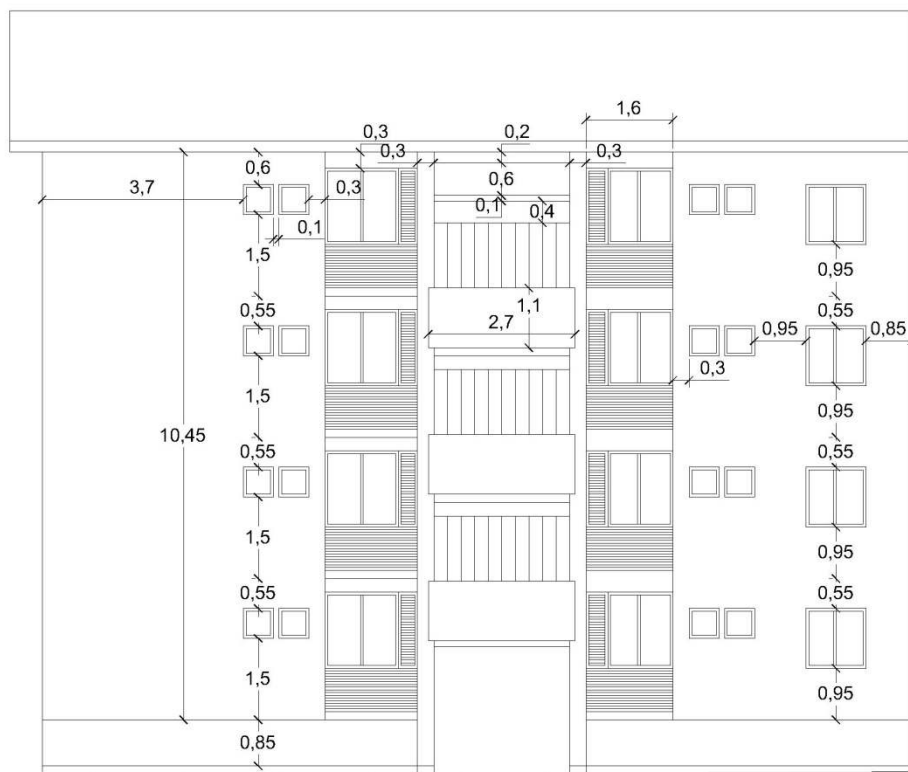
Porto

05

Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro de Campinas - Bloco 25	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro de Campinas - Bloco 27

LUIS PEREIRA

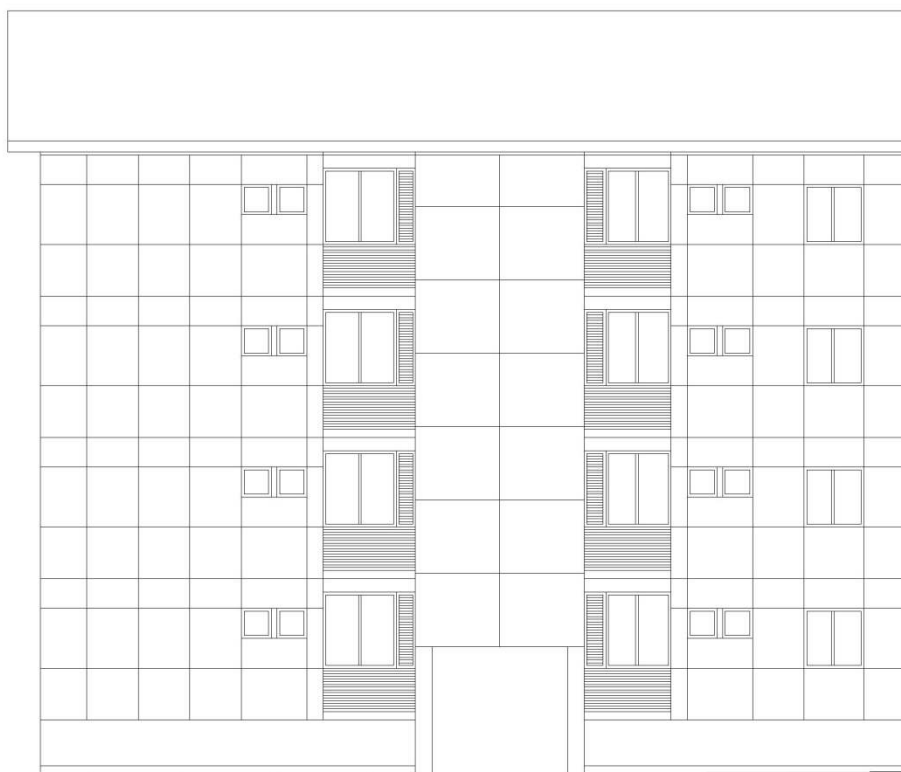
30/06/2010

Alçado Anterior

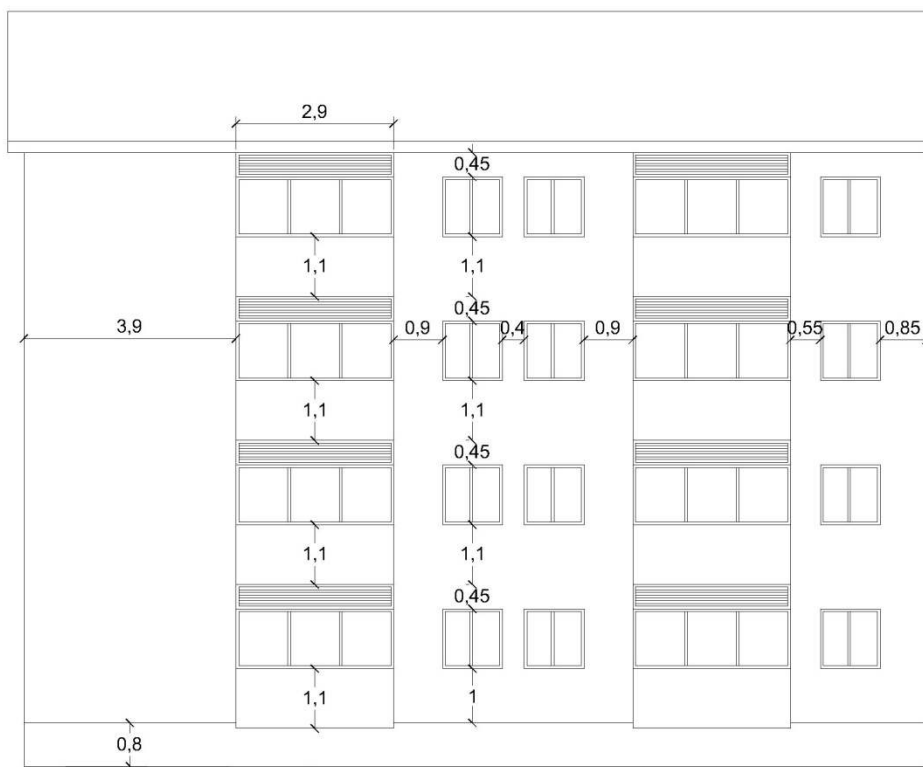
Porto

01

Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro de Campinas - Bloco 27	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro de Campinas - Bloco 27

LUIS PEREIRA

30/06/2010

Alçado Posterior

Porto

03

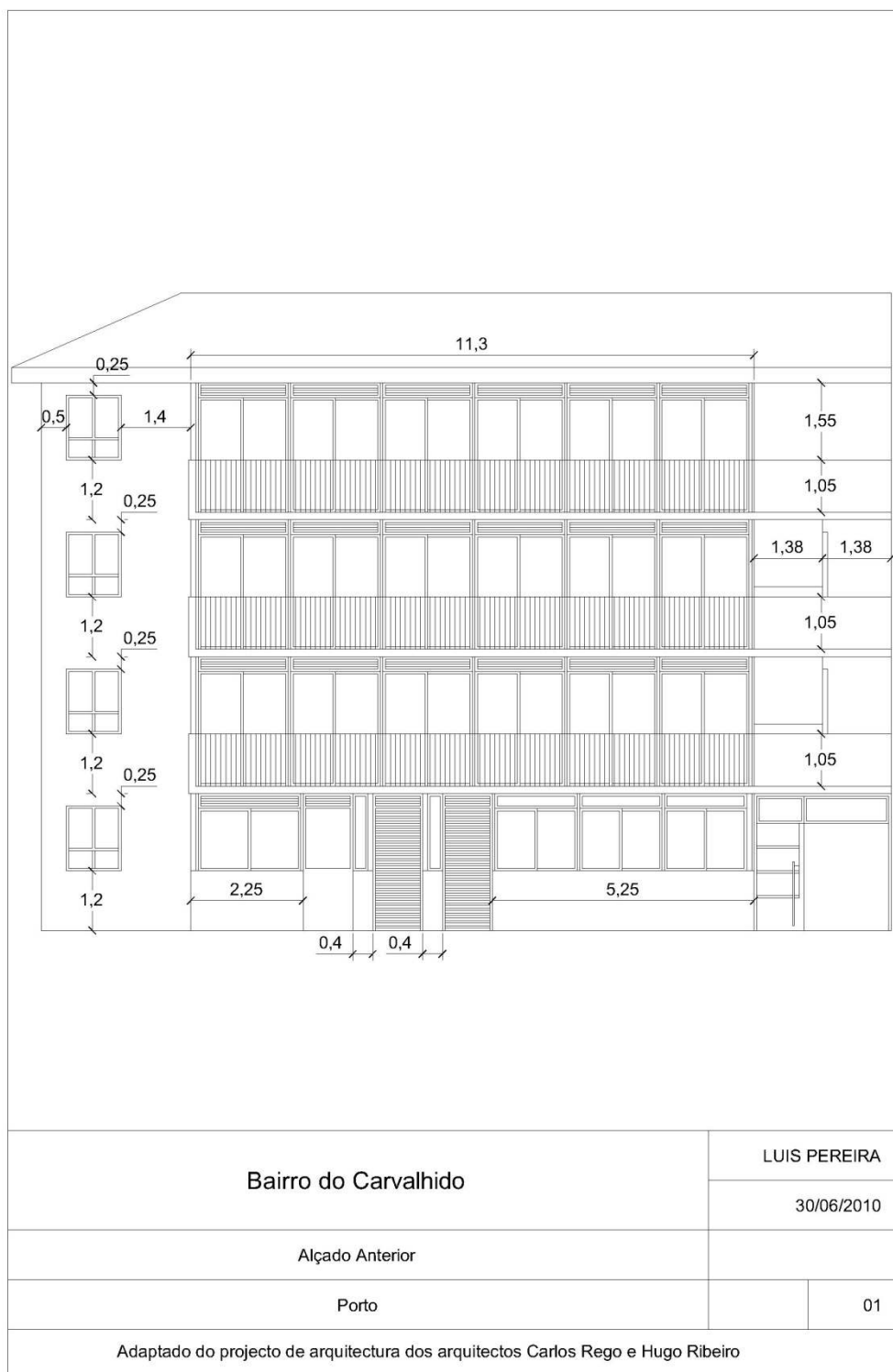
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro




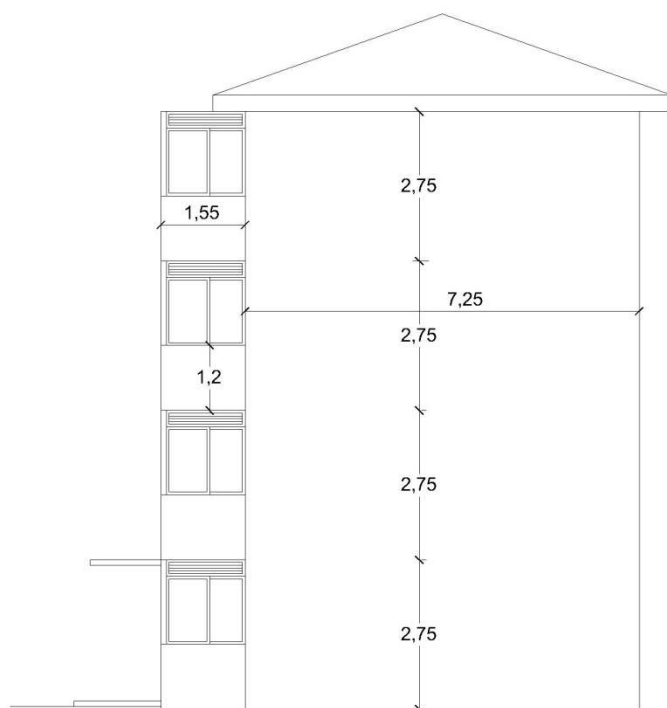
Bairro de Campinas - Bloco 27	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

A3

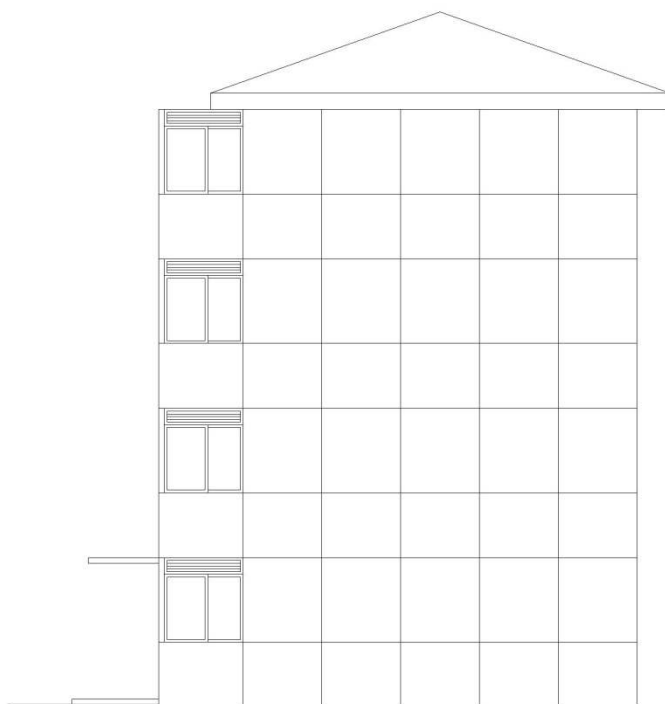
BAIRRO DO CARVALHIDO



		
Bairro do Carvalho	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



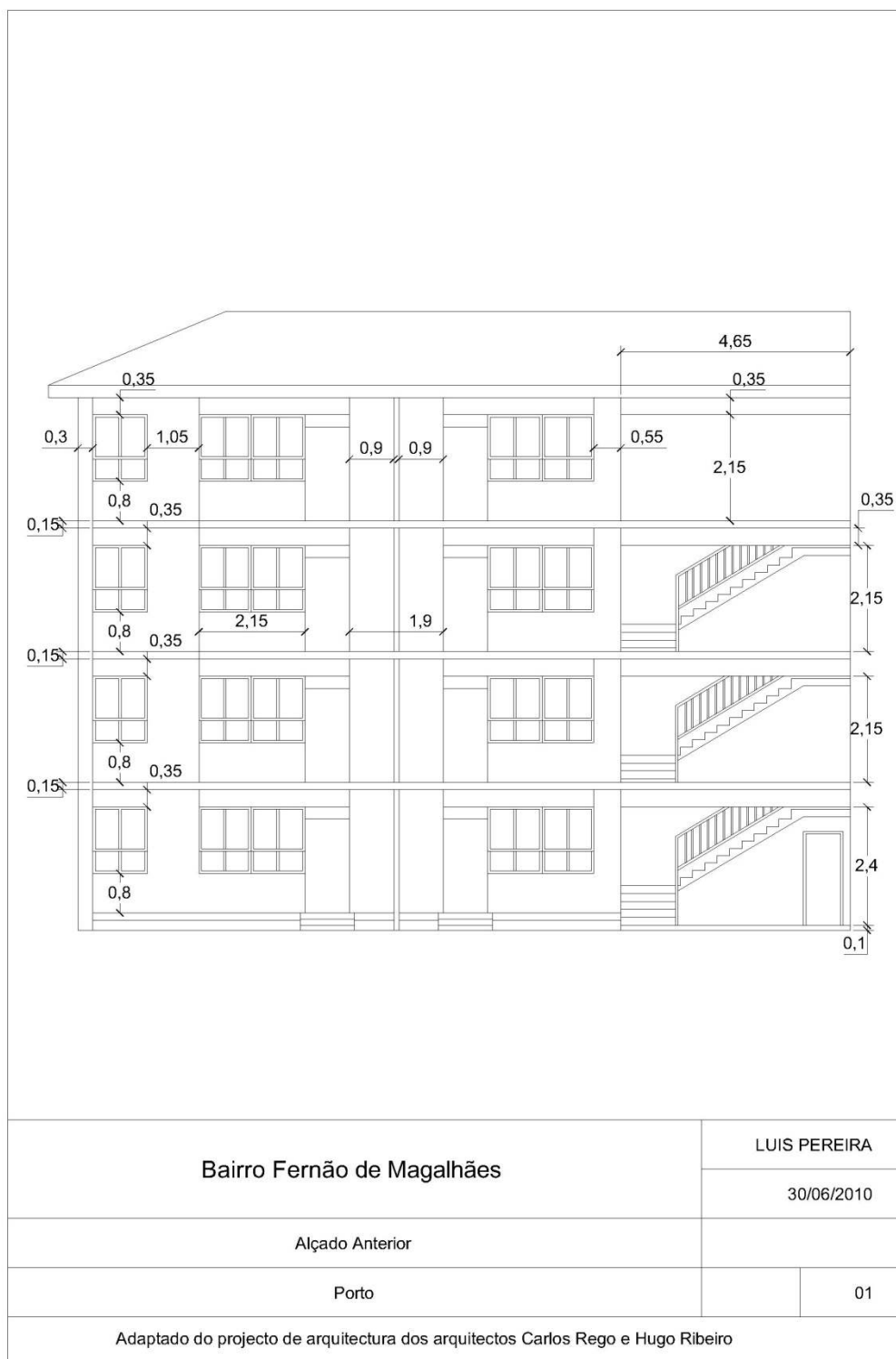
Bairro do Carvalhido	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral		
Porto		05
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

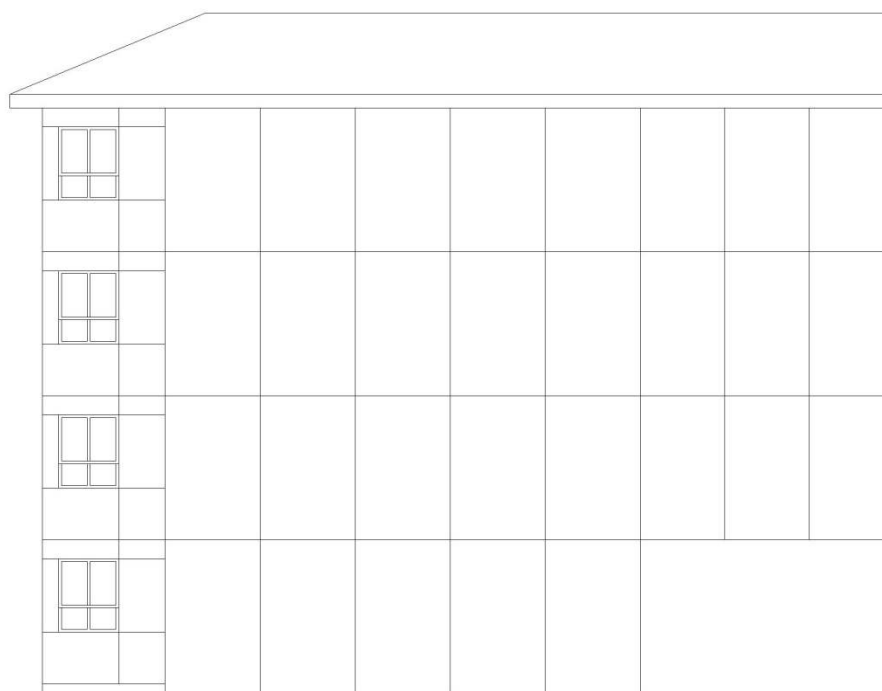


Bairro do Carvalhido	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

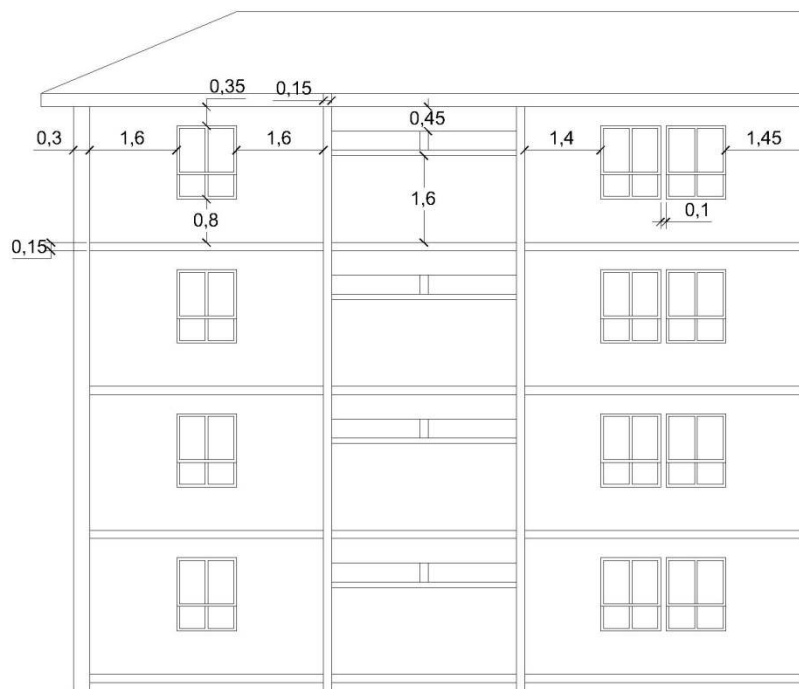
A4

**BAIRRO FERNÃO DE
MAGALHÃES**





Bairro Fernão de Magalhães	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro Fernão de Magalhães

LUIS PEREIRA

30/06/2010

Alçado Posterior

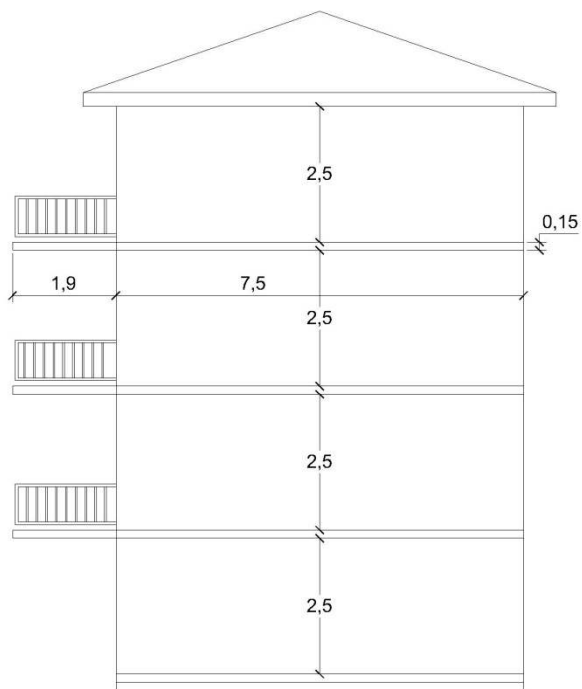
Porto

03

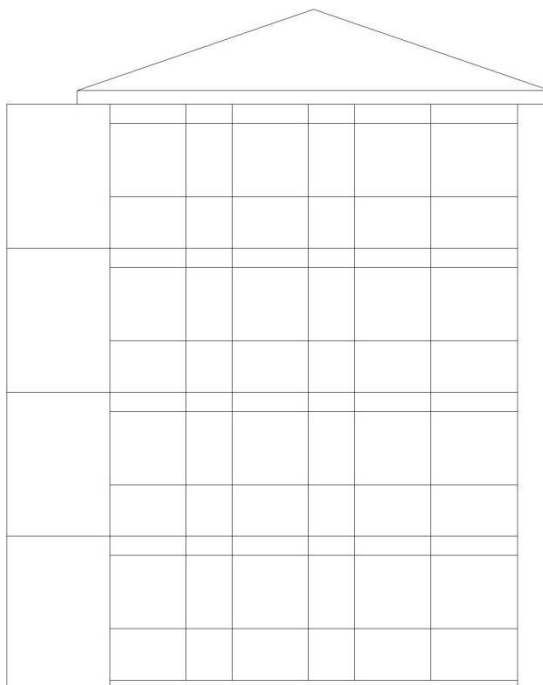
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro Fernão de Magalhães	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



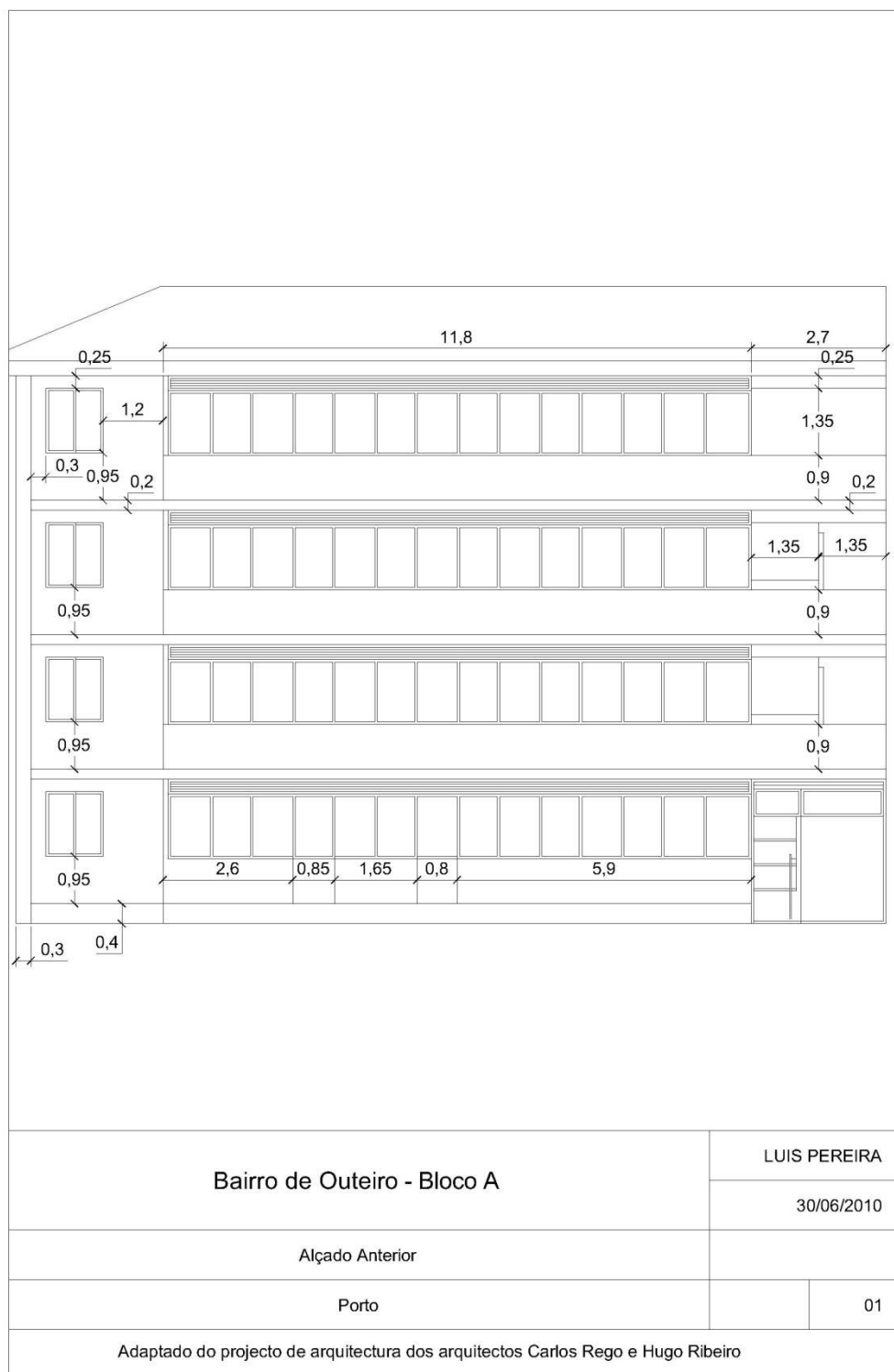
Bairro Fernão de Magalhães	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral		
Porto		05
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

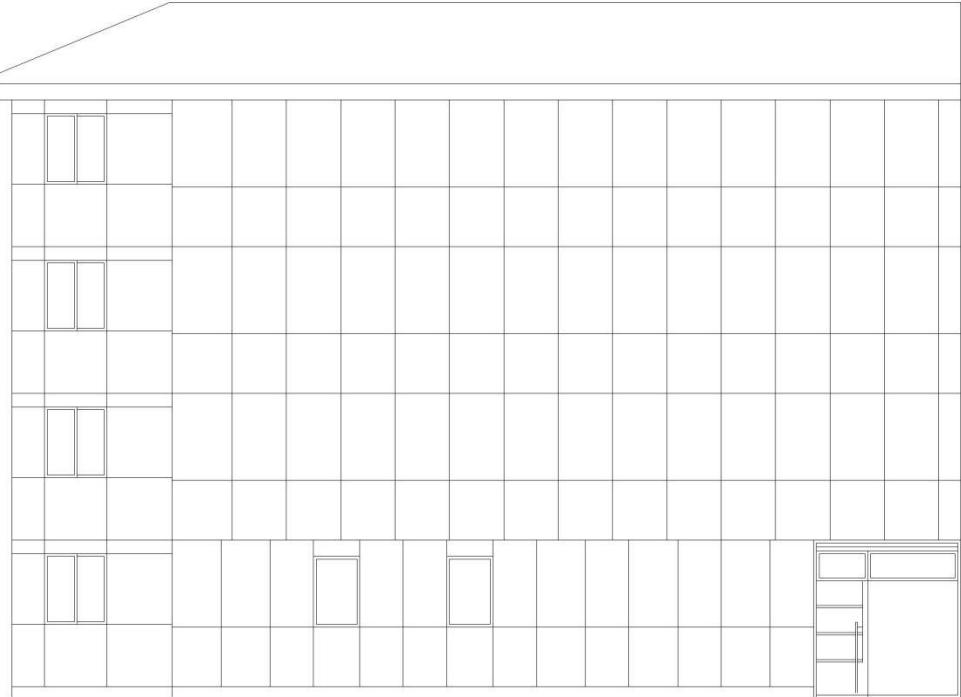


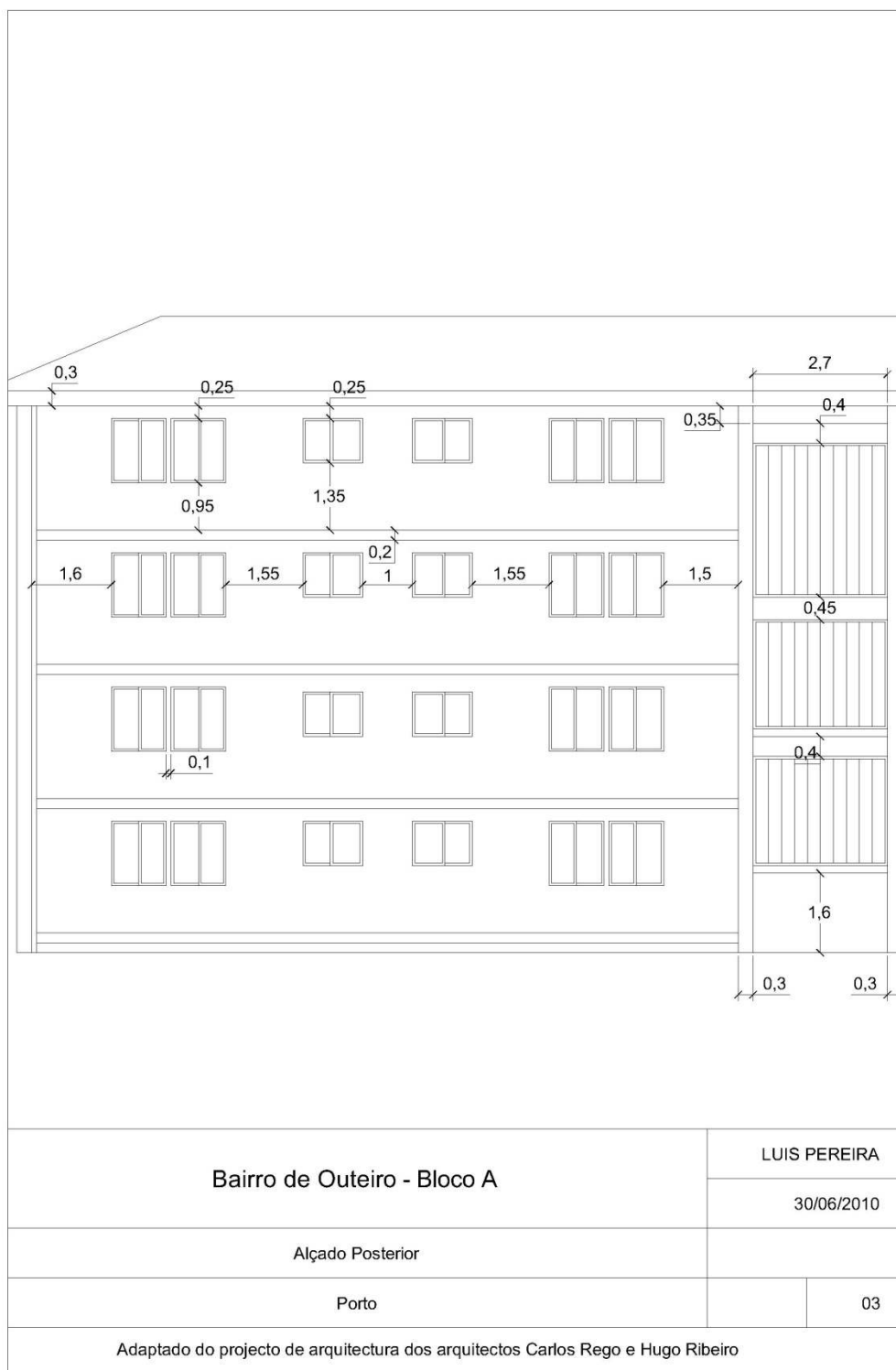
Bairro Fernão de Magalhães	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

A5

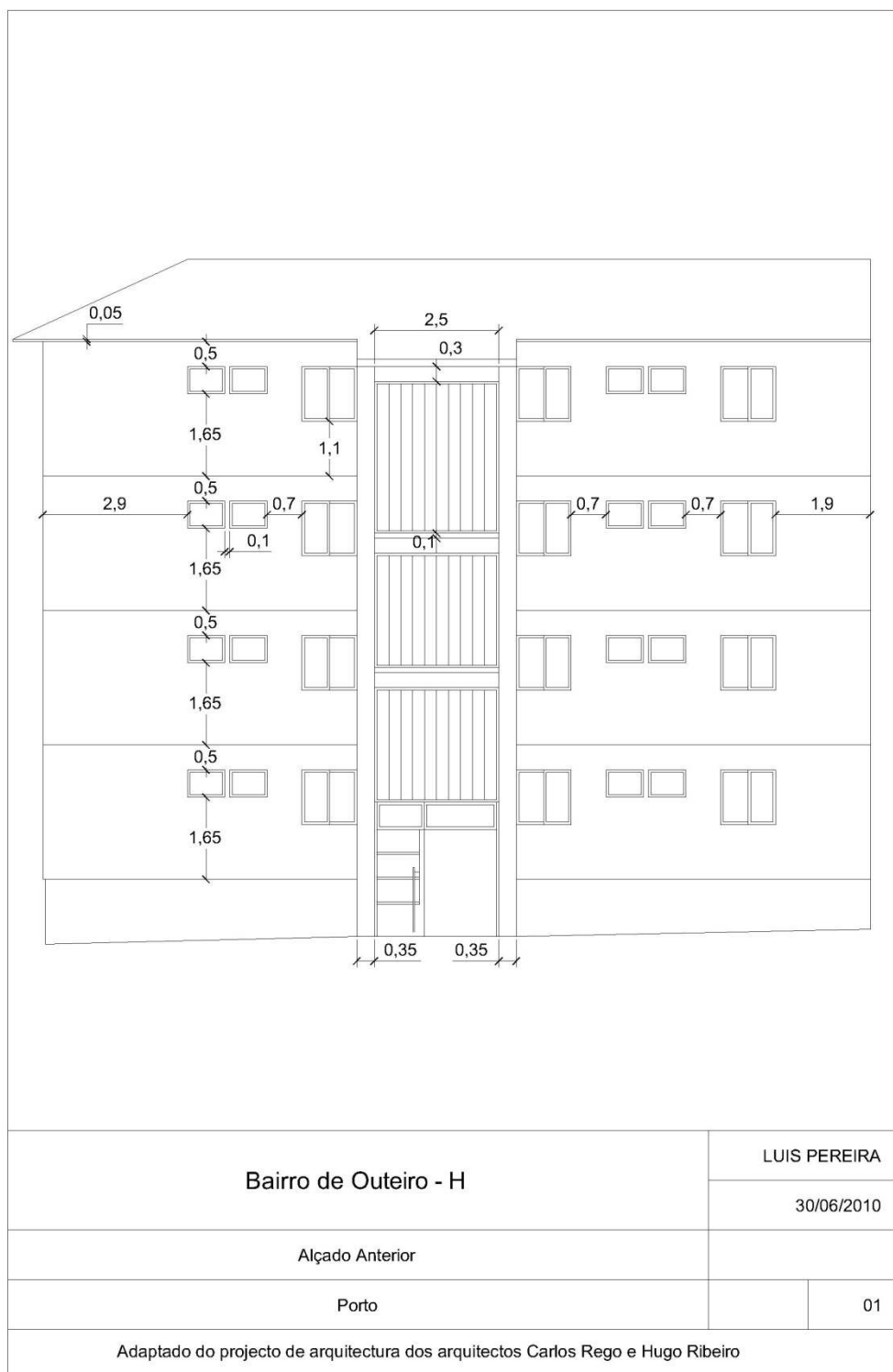
BAIRRO DE OUTEIRO

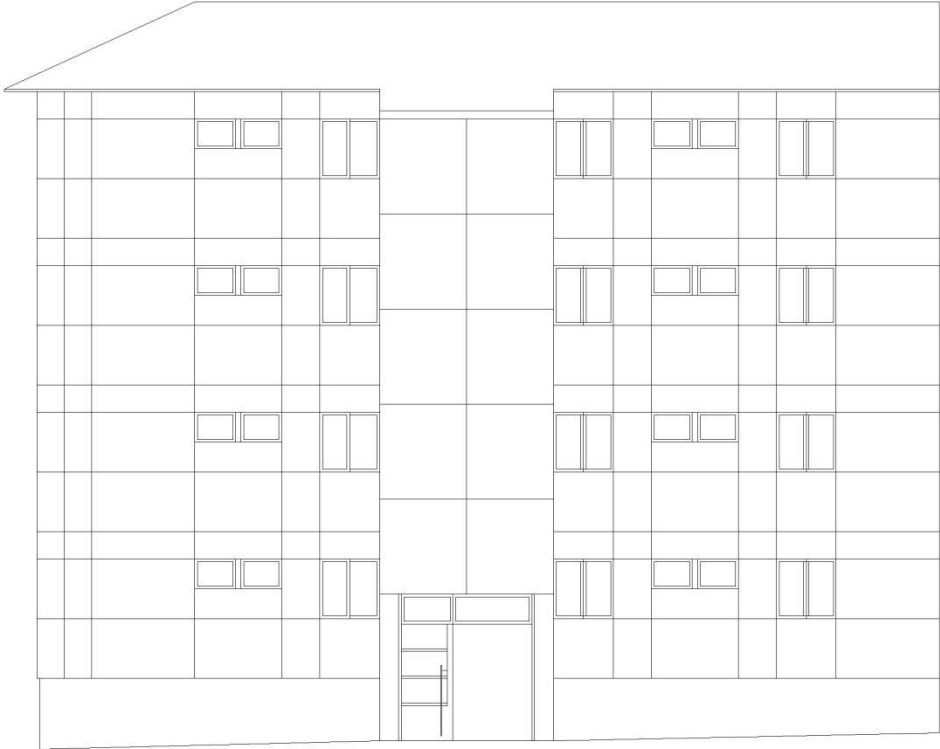


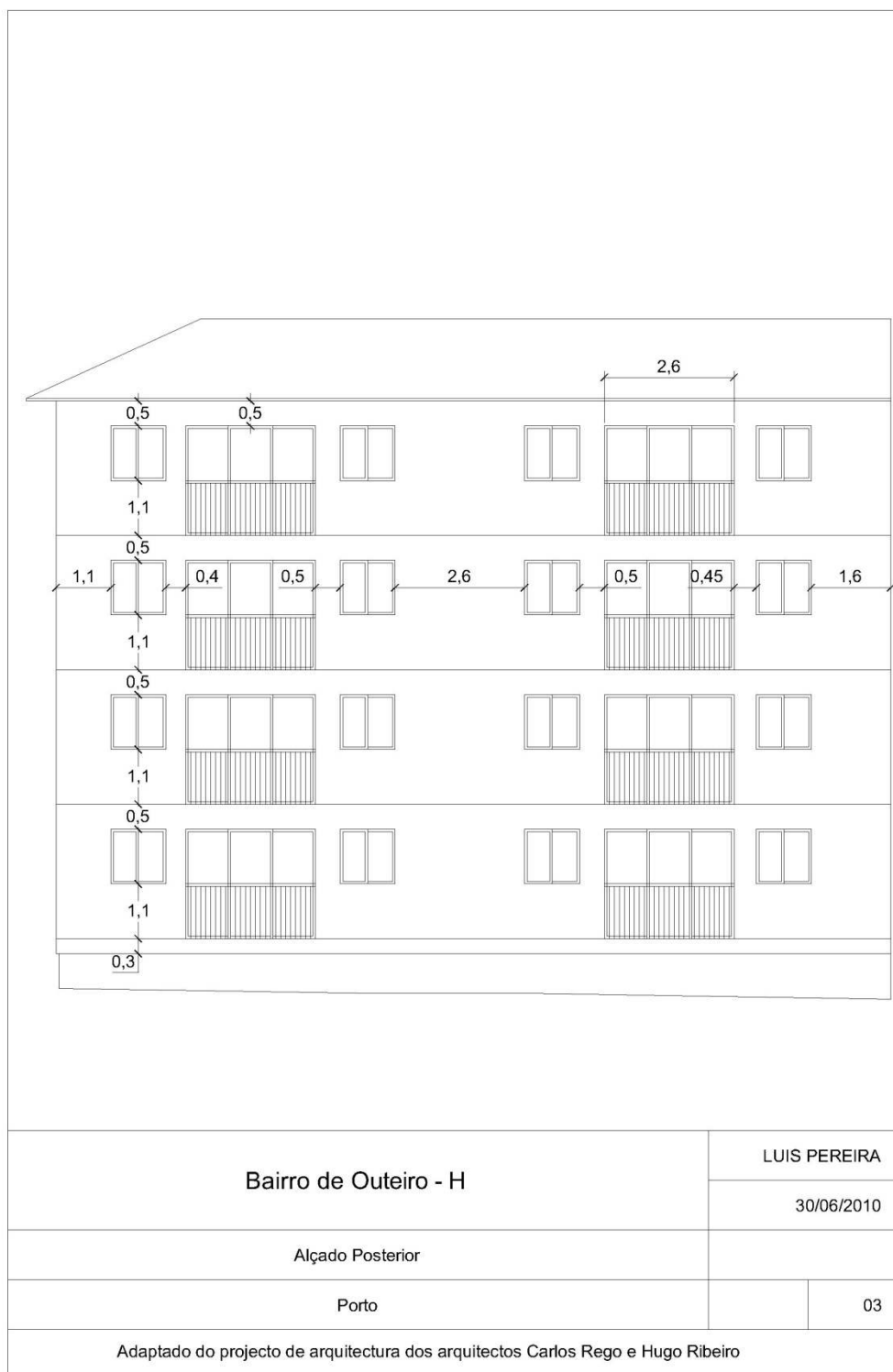
															
Bairro de Outeiro - Bloco A														LUIS PEREIRA	
														30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos															
Porto															02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro															

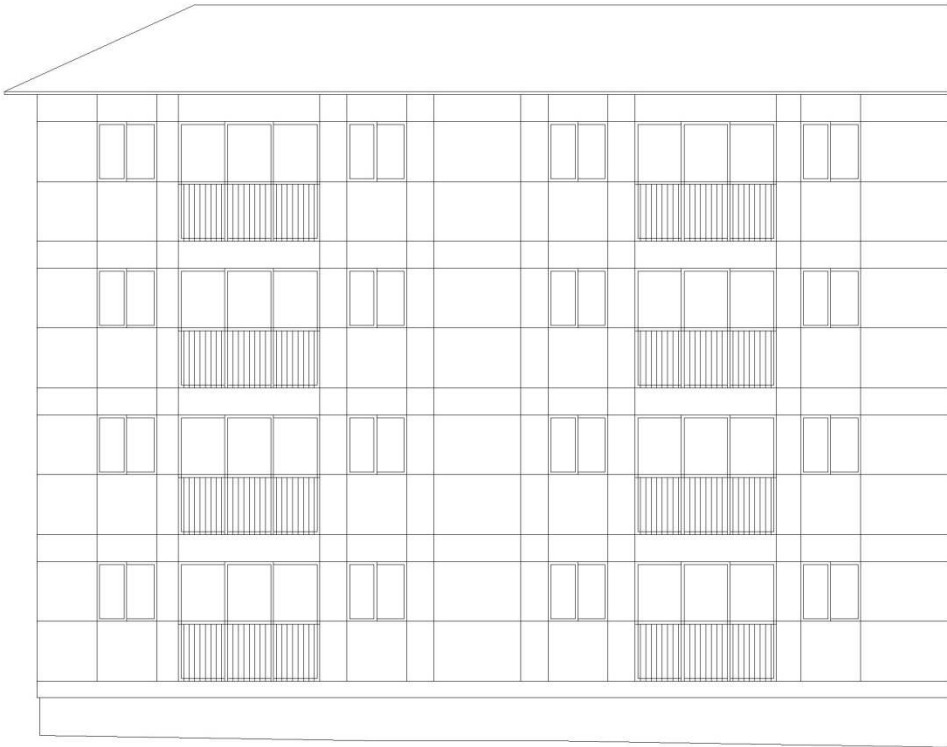


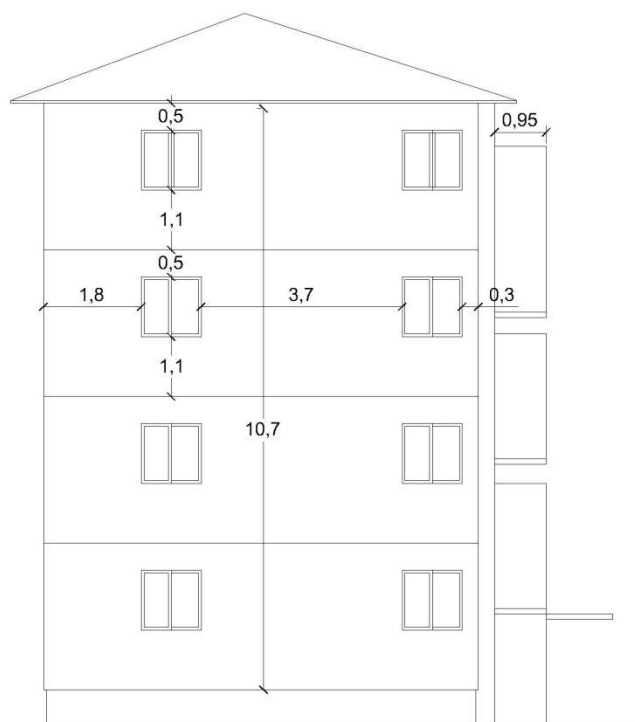
											
Bairro de Outeiro - Bloco A										LUIS PEREIRA	
										30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos											
Porto											04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro											



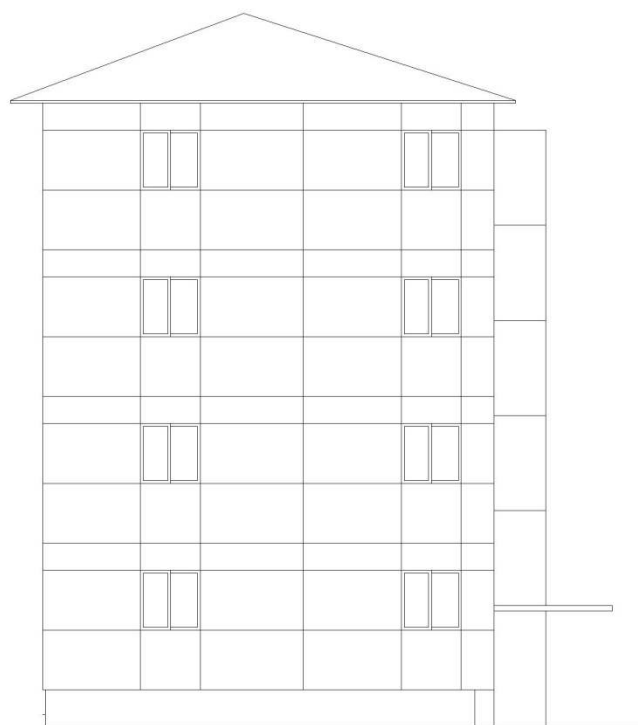
		
Bairro de Outeiro - H	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



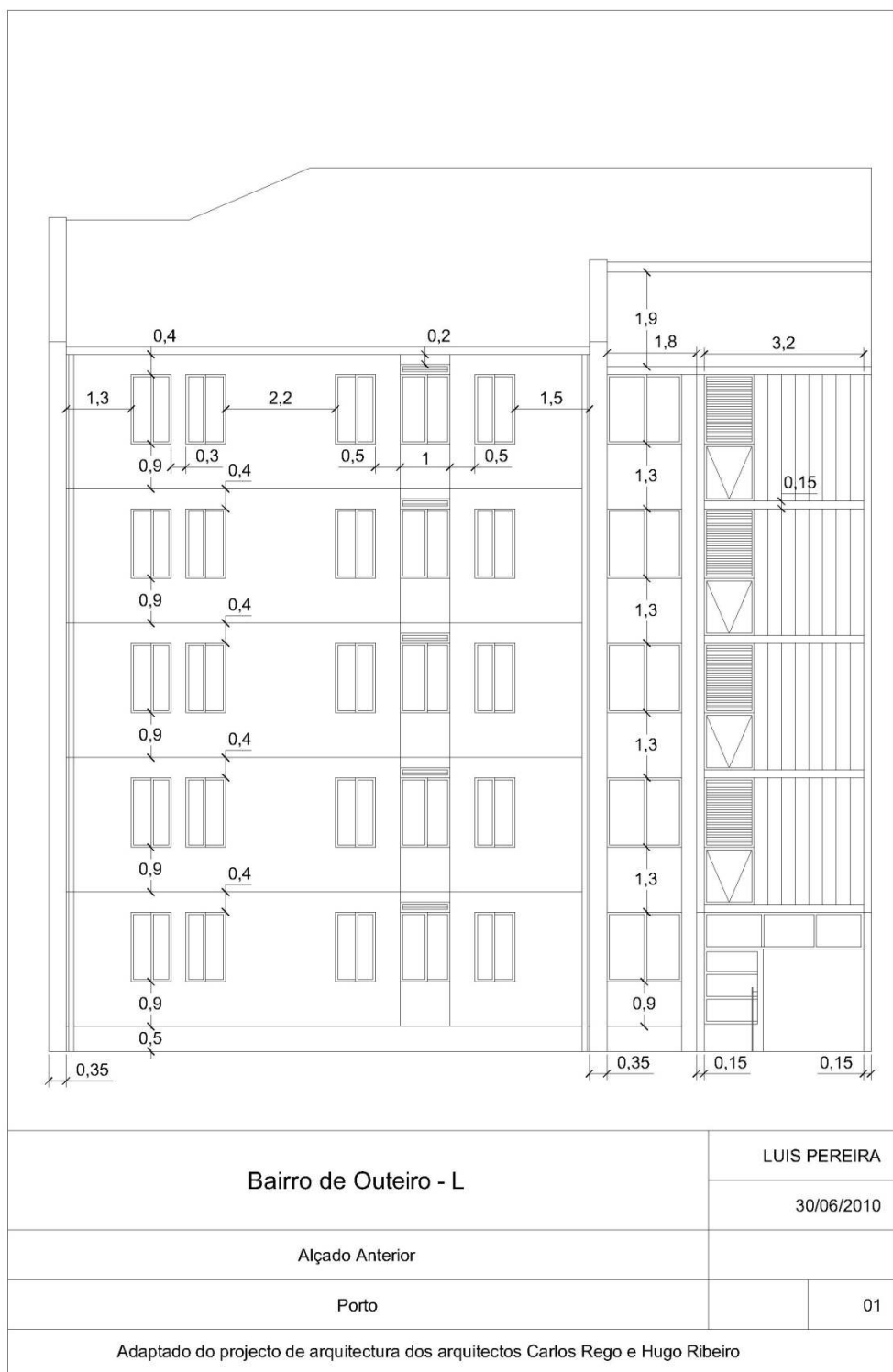
		
Bairro de Outeiro - H	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		




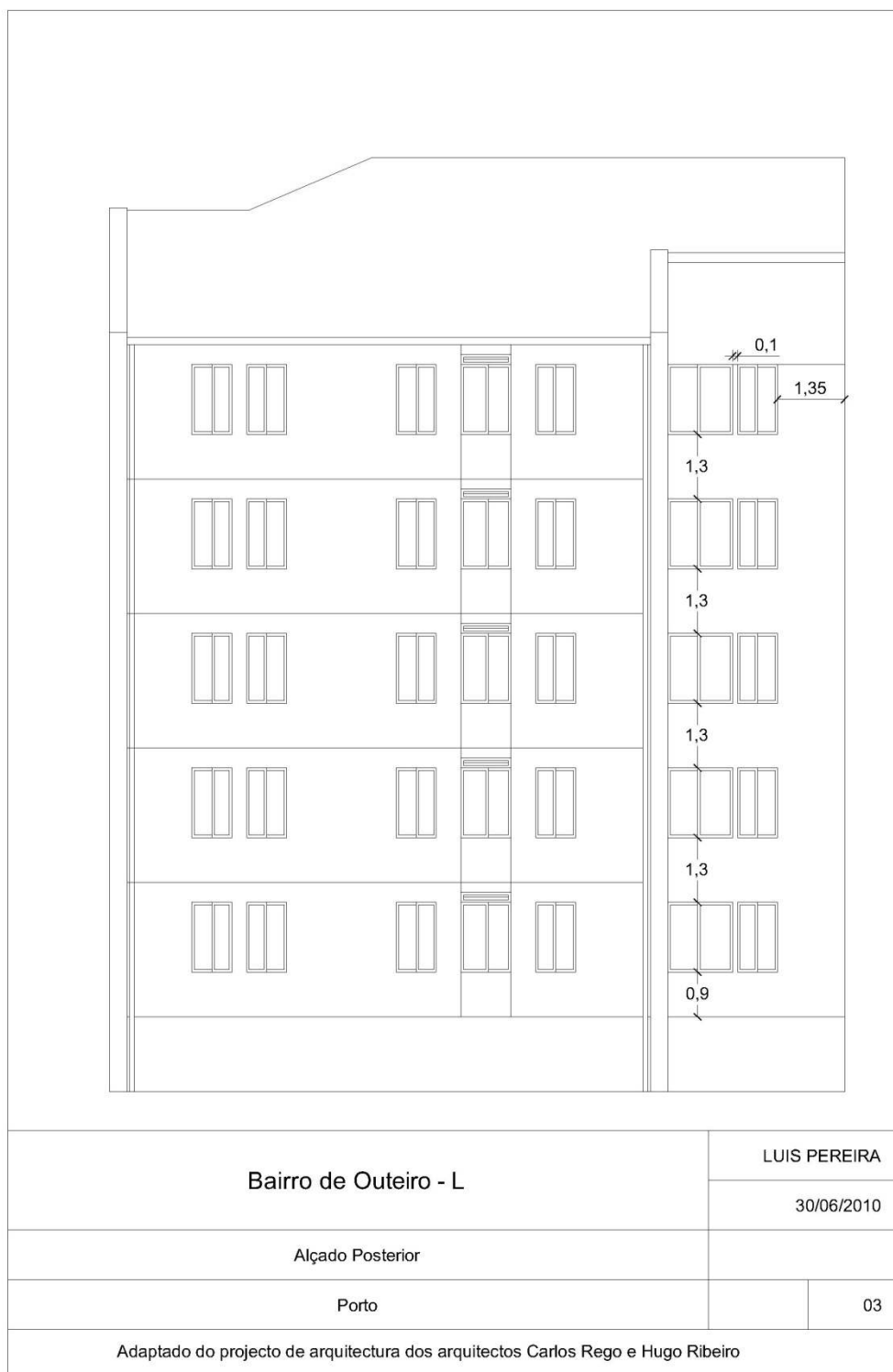
Bairro de Outeiro - H	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral		
Porto		05
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro de Outeiro - H	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

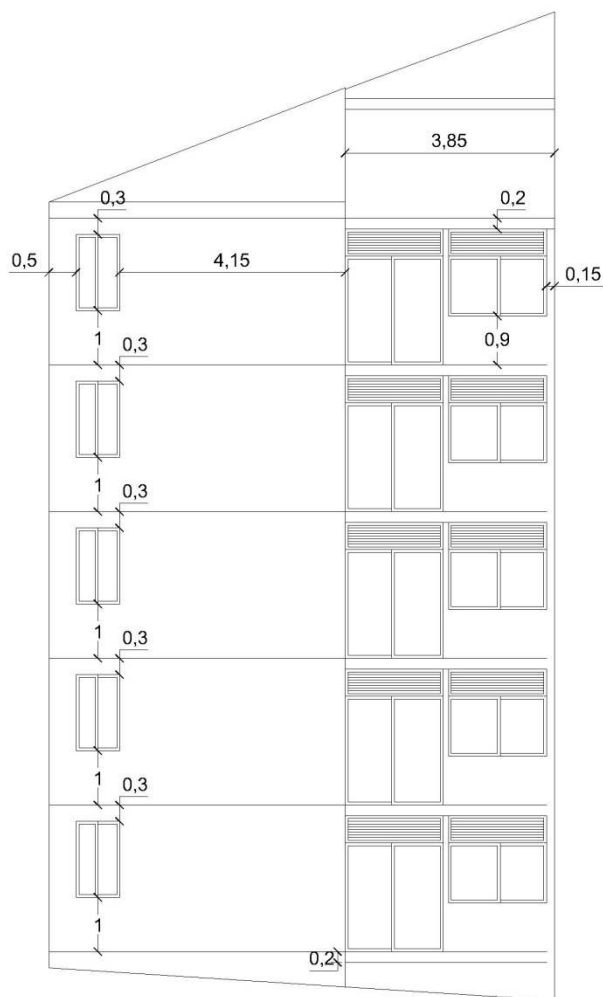


		
Bairro de Outeiro - L	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

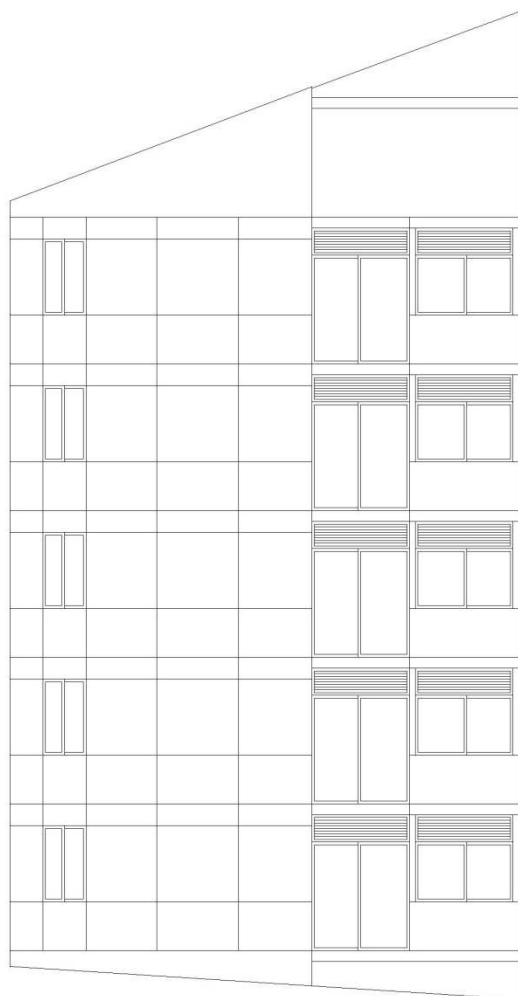




Bairro de Outeiro - L	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro de Outeiro - L	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Porto		05
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		




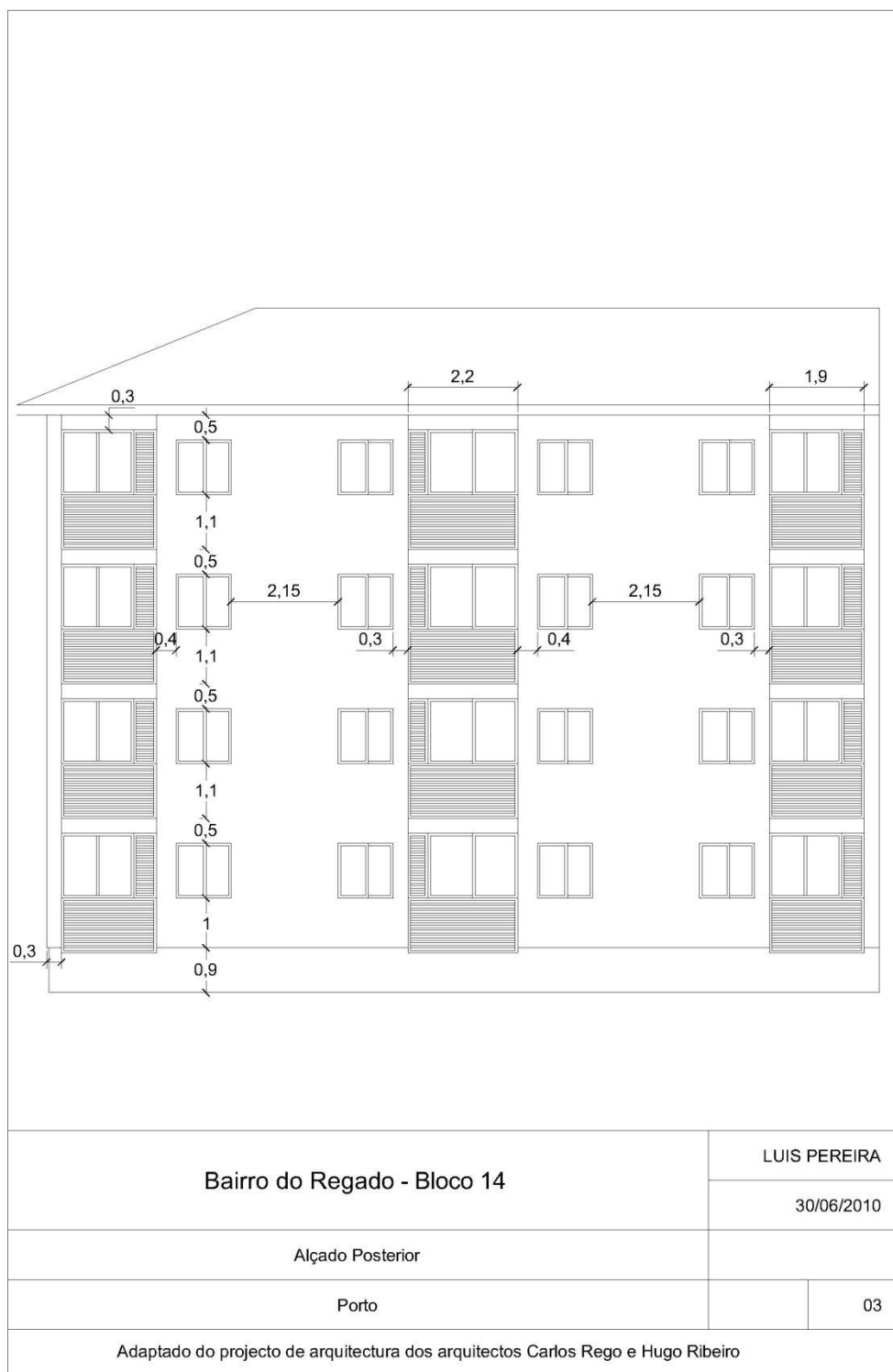
Bairro de Outeiro - L	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

A6

BAIRRO DO REGADO



		
Bairro do Regado - Bloco 14	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



		
Bairro do Regado - Bloco 14	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro do Regado - Bloco 19

LUIS PEREIRA

30/06/2010

Alçado Anterior

Porto

01

Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro do Regado - Bloco 19	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro do Regado - Bloco 19

LUIS PEREIRA

30/06/2010

Alçado Posterior

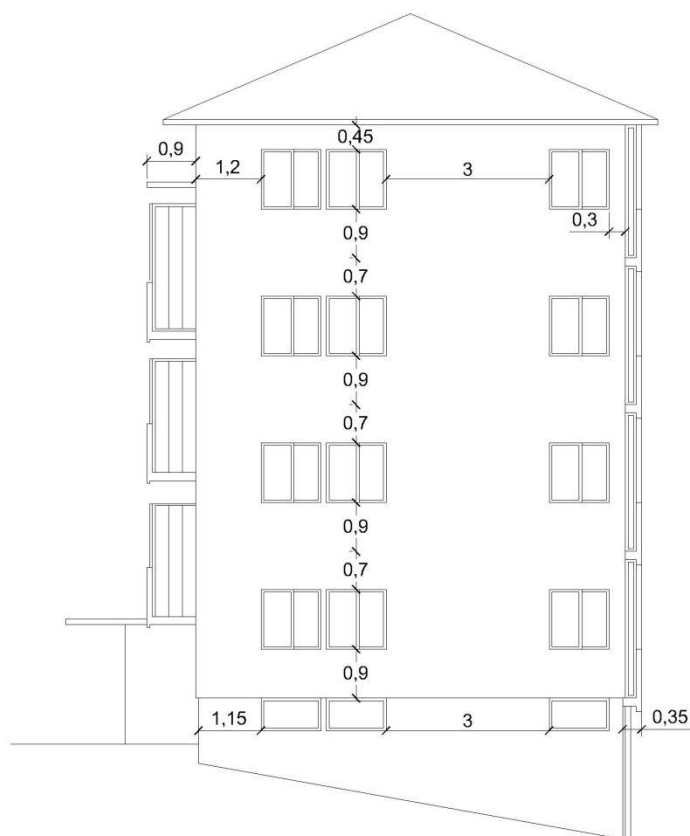
Porto

03

Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro do Regado - Bloco 19	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		04
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		



Bairro do Regado - Bloco 19

LUIS PEREIRA

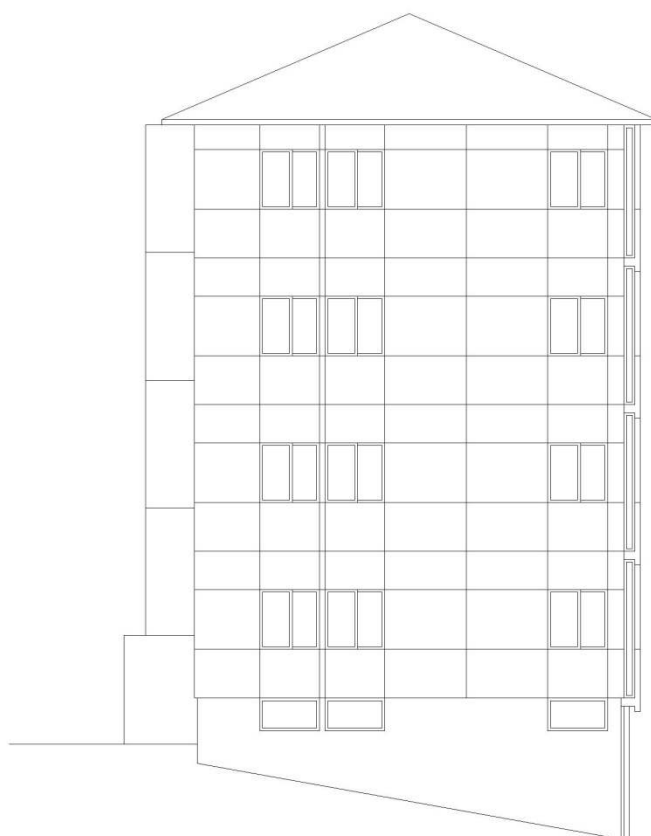
30/06/2010

Alçado Lateral

Porto

05

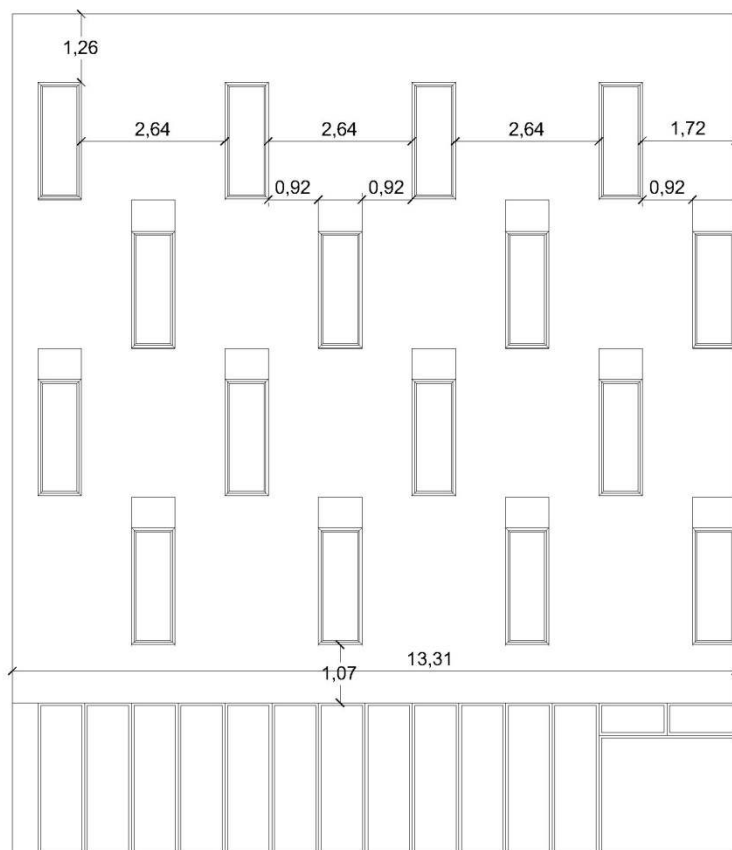
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro



Bairro do Regado - Bloco 19	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura dos arquitectos Carlos Rego e Hugo Ribeiro		

A7

TRAVESSA DE SALGUEIROS



Bairro Travessa de Salgueiros

LUIS PEREIRA

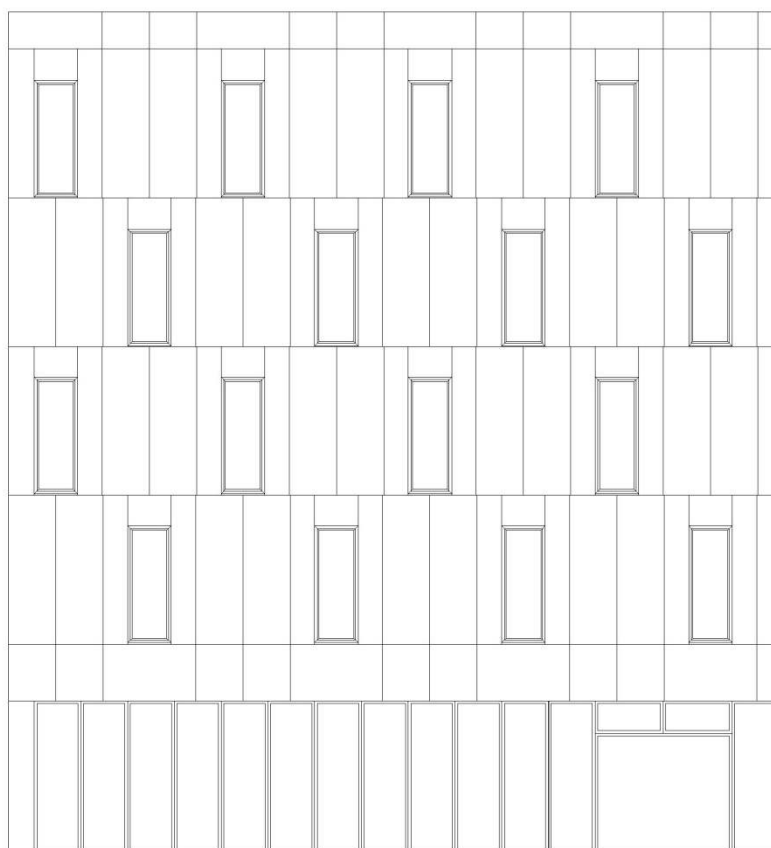
30/06/2010

Alçado Anterior

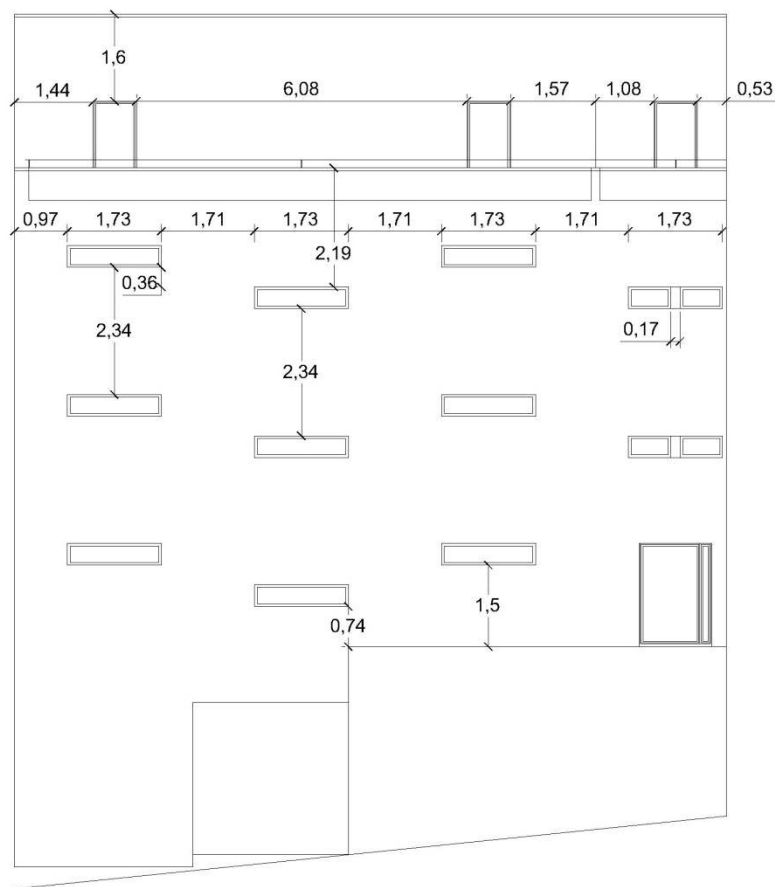
Porto

01

Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso



Bairro Travessa de Salgueiros	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Anterior - Aplicação dos Módulos		
Porto		02
Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso		



Bairro Travessa de Salgueiros

LUIS PEREIRA

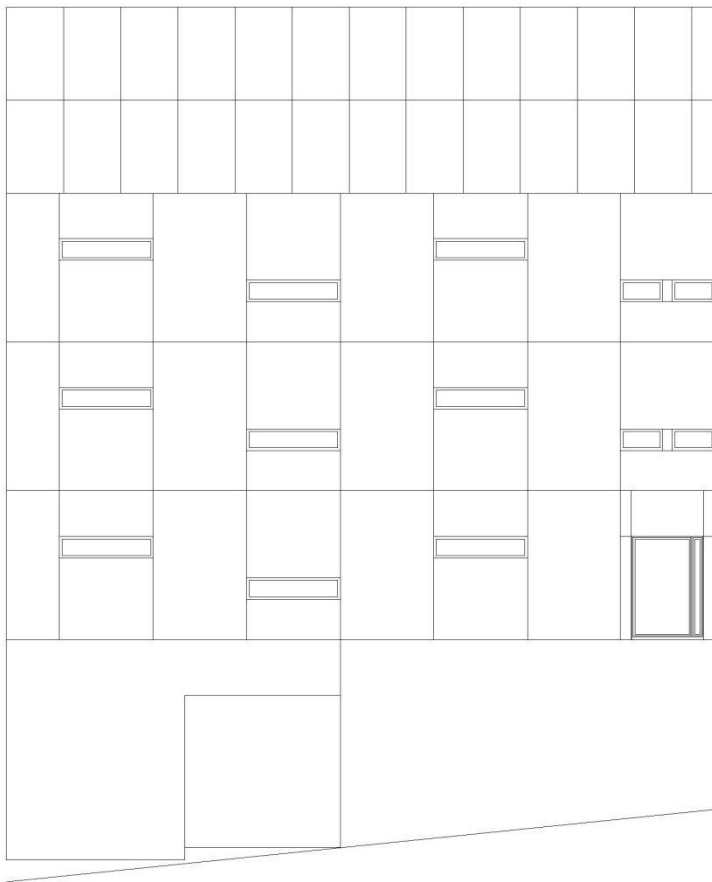
30/06/2010

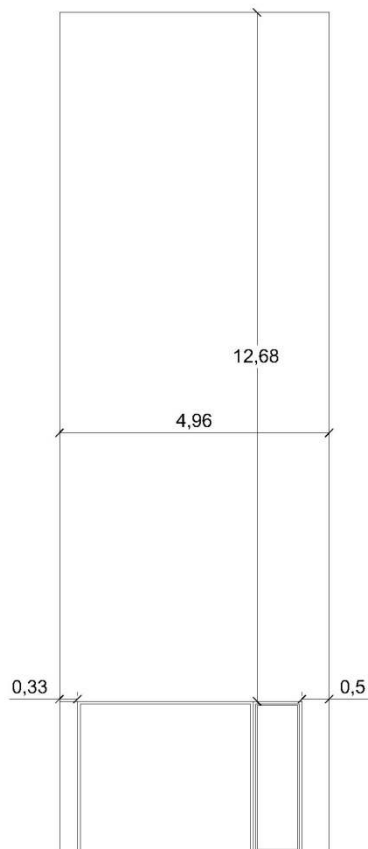
Alçado Posterior

Porto

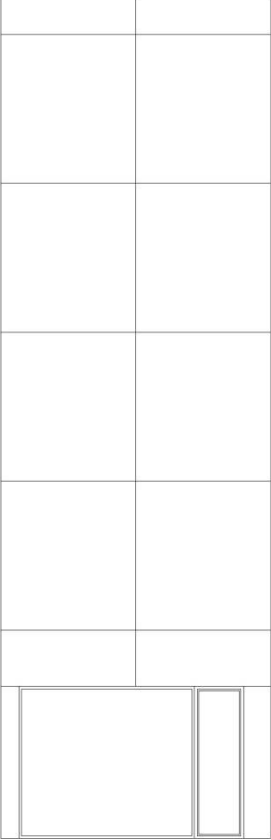
03

Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso

											
Bairro Travessa de Salgueiros										LUIS PEREIRA	
										30/06/2010	
Alçado Posterior - Aplicação dos Módulos											
Porto											04
Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso											



Bairro Travessa de Salgueiros	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral		
Porto		05
Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso		

		
Bairro Travessa de Salgueiros	LUIS PEREIRA	
	30/06/2010	
Alçado Lateral - Aplicação dos Módulos		
Porto		06
Adaptado do projecto de arquitectura do arquitecto Carlos Jorge Coelho Veloso		

A8

PROPRIEDADES MATERIAIS

Isolamentos Térmico	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10 ⁻¹²]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção (Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Aglomerado negro de cortiça	10 - 150	0,045	18	10	0,2	0,94	M2 / M3
Argila Expandida (8/16)	< 400	0,16	-	-	22	-	M0 / A1
Espuma rígida de Poliuretano	30 - 40	0,03	44	4,2	2,5	-	M1 - M2 / M3 - M4
Lã de vidro	8 - 12	0,045	1,1 a 1,5	125 a 170	-	-	M0 / M1
Lã de vidro	12 - 80	0,04	-	-	-	-	-
Lã de rocha	20 - 35	0,045	1,1 a 1,3	140 a 170	0,46	1,12	M0 / A1
Lã de rocha	35 - 180	0,04	-	-	-	-	-
Poliestireno expandido extrudido	25 - 40	0,035	30	6,4	3	-	M1
Poliestireno expandido moldado	15 - 35	0,04	-	2,5	1,02	-	M0
Vidro celular	110 - 140	0,05	∞	0	10,2	1,22	M0

Polímeros	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10 ⁻¹²]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção (Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Borrachas sintéticas, poliamidas, poliésteres, polietilenos	900-1.700	0,4	900 - 1800	0,1 - 0,2	469,07	203,94	M3 / M4
Acrílicos, PVC	1.200-1.400	0,2	20000	0,0093	509,86	458,87	M1 / M2

Pedras (incluindo juntas de assentamento)	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10-12]	Compressão (Kg/cm²)	Tracção (Kg/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Basalto	1700	1,6	300	0,62	2039,44	-	M0
Brita ou seixo calcário	450 - 550	0,7	4	46	-	-	M0
Calcário Compacto	2.600	2,9	20 a 90	2,1 a 9,4	-	-	M0
Calcário - outros	1.480- 2.590	1,4			-	-	M0
Granito, gneisse, pórfiro	2.300- 2.900	3	300	0,62	1784,51	-	M0
Grés - calcário	2.000- 2.700	1,9	15 a 30	6,2 a 12	1580,57	-	M0
Grés - quartzoso	2.200- 2.800	2,6			1121,69	-	M0
Mámore	2600	-	300	0,62	1580,57	-	M0
Xisto, ardósia	2.000- 2.800	2,2	-	-	713,8	-	M0

Betões e compostos de cimento	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)×10-12]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção Kgf/cm²	Classe de reacção ao fogo
Betão de inertes correntes - normal	2.200-2.400	1,75	30	6,3	135,62	10,91	M0
Betão de inertes correntes - cavernoso	1.700-2.100	1,4	5,9 a 11	17 a 31	-	-	M0
Betão de pozolana ou escória expandida - com finos	1.200-1.600	0,52	-	-	-	-	M0
Betão de pozolana ou escória expandida - sem finos	1.000-1.200	0,35	-	-	-	-	M0
Betão de pedra-pomes	950-1.150	0,46	-	-	-	-	M0
Betão - dosagem de cimento >300Kg/m³	1.000-1.800	0,7	-	-	-	-	M0
Betão - dosagem de cimento <300Kg/m³	600-1.000	0,25	-	-	-	-	M0
Betão de vermiculite ou de perlite - cimento/areia: 1/3	600-800	0,31	-	-	20	-	M0
Betão de vermiculite ou de perlite - cimento/areia: 1/6	400-600	0,24	-	-	3,5	-	M0
Betão autoclavado	400-800	0,2	-	-	-	-	M0
Argamassa de inertes correntes	-	1,15	15	13	-	-	M0

Madeiras e derivados	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10-12]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Madeira de massa volúmica elevada	800-1.000	0,29	-	-	-	-	M3 / M4
Aglomerado de fibras de madeira: 400<d<500Kg/m³	400 - 500	0,13			-	-	M3 / M4
Aglomerado de fibras de madeira: 500<d<600Kg/m³	500 - 600	0,15	2,8 a 16	11 a 67	-	-	M3 / M4
Aglomerado de fibras de madeira: 600<d<800Kg/m³	600 - 800	0,18			-	-	M3 / M4
Aglomerado de partículas de madeira - prensadas	350-750	0,12			-	-	M3 / M4
Aglomerado de partículas de madeira duro (Platex)	-	0,16	46 a 200	0,93 a 4	-	-	M3 / M4
Aglomerado de madeira / cimento	1.350	0,22	2,8 a 10	18 a 67	-	-	M3 / M4
Contraplacado 350<d<450Kg/m³	350 - 450	0,115	60	31	-	-	M3 / M4
Contraplacado 450<d<600Kg/m³	450 - 600	0,15			-	-	M3 / M4

Metais	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10-12]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção (Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Aço	-	52	∞	0	2651,25	-	M0 / M1
Alumínio	-	230	∞	0	2651,26	-	M0 / M1
Chumbo	-	35	∞	0	-	1529,58	M0 / M1
Cobre	-	380	∞	0	-	2192,4	M0 / M1
Duralumínio	-	160	∞	0	-	2549,3	M0 / M1
Ferro	-	72	∞	0	-	1529,58	M0 / M1
Ferro fundido	-	56	∞	0	-	1631,55	M0 / M1
Latão	-	110	∞	0	-	-	M0 / M1
Zinco	-	112	∞	0	-	-	M0 / M1

Revestimentos	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10-12]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção (Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Aglomerado de cortiça	500	0,1	-	-	-	-	M1
Ar seco	-	0,24	-	-	-	-	M0
Membranas betuminosas	1.000-1.100	0,23	-	-	-	-	M0

Vidro	p [kg/m³]	λ (W/m.°C)	δ	π [kg/(m.s.Pa)x10-12]	Compressão (Kgf/cm²)	Tracção (Kgf/cm²)	Classe de reacção ao fogo
Chapa de vidro	11.340	1,1	∞	0	-	-	M0

A9

**DIMENSIONAMENTO DE
VENTILAÇÃO**

Compartimento	Área (m ²)	Volume (m ³)	Admissão de ar		Evacuação		Admissão Total		Evacuação Total		Grelhas admissão (cm ²)	Grelhas extracção (cm ²)	Grelhas passagem (cm ²)	Conduitas (cm ²)
			l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h				
Sala Comum	18,75	45,00	17	60							1 x 70		200	
Quarto 1	9,70	23,28	8	30			41	150			1 x 35		100	
Quarto 2	10,00	24,00	8	30							1 x 35		100	
Quarto 3	12,40	29,76	8	30							1 x 35		100	
Cozinha	10,50	25,20			29	105			42	150		1 x 280	250	200
Casa-de-Banho	3,84	9,22			13	45						1 x 120	200	100
Hall													250 + 200	